

ISSN 2079-4827

Міністерство освіти і науки України  
Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського

# ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

*Тематичний збірник наукових праць*

**№ 1 (42) 2021**

Збірник наукових праць заснований у 1998 році

Виходить двічі на рік

*Журнал внесено до міжнародних наукометричних баз  
та інформаційно-аналітичних систем  
Index Copernicus, Google Scholar, ResearchBib, Cite Factor,  
EZB (Elektronische Zeitschriftenbibliothek),  
Advanced Science Index*

Кривий Ріг  
ДонНУЕТ  
2021

**Редакційна колегія:**

*Головний редактор — В. П. Хорольський*  
*Заступник головного редактора — Р. П. Никифоров*  
*Відповідальний редактор серії — Д. В. Акіндєєв*  
*Відповідальний секретар серії — А. В. Слащева*

**Редакційна колегія серії:**

*Віннікова Л. Г.*, д-р техн. наук (Одеський національний університет харчових технологій);  
*Гейер Г. В.*, канд. техн. наук, д-р техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського);  
*Гніцевич В. А.*, д-р техн. наук (Київський національний торговельно-економічний університет);  
*Гринченко О. О.*, д-р техн. наук (Харківський державний університет харчування та торгівлі);  
*Дейниченко Г. В.*, д-р техн. наук (Харківський державний університет харчування та торгівлі);  
*Михайлов В. М.*, д-р техн. наук (Харківський державний університет харчування та торгівлі);  
*Никифоров Р. П.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського);  
*Омельченко О. В.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського);  
*Пивоваров П. П.*, д-р техн. наук (Харківський державний університет харчування та торгівлі);  
*Покотило О. С.*, д-р біол. наук (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя);  
*Погребняк В. Г.*, д-р техн. наук (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу);  
*Попова С. Ю.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського);  
*Прісс О. П.*, д-р техн. наук (Таврійський державний агротехнологічний університет);  
*Слащева А. В.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського);  
*Сімакова О. О.*, канд. техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського);  
*Стадник І. Я.*, д-р техн. наук (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя);  
*Хомич Г. П.*, д-р техн. наук (Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»);  
*Хорольський В. П.*, д-р техн. наук (Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського);  
*Юдіна Т. І.*, д-р техн. наук (Київський національний торговельно-економічний університет);  
*Возняк Юрій*, канд. фіз.-мат. наук (Центр молекулярних і макромолекулярних досліджень Польської Академії наук);  
*Хамісабаді Джавад*, канд. наук із промислового менеджменту (Факультет інженерії та менеджменту, Ісламський університет Азада, Тегеран, Іран).

*Журнал включено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»)*  
*(Наказ Міністерства освіти і науки України від 24.09.2020 р. № 1188)*

Журнал зареєстровано в Міністерстві юстиції України.  
Реєстраційний номер КВ № 13181-2065ПР від 25.07.2007 р.

Засновник та видавець Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4929 від 07.07.2015 р.

*Журнал підписано до друку вченою радою Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, протокол № 15 від 24.06.2021 р.*

Мова видання: українська та англійська  
Усі права захищені.

Передрук і переклади дозволяються лише з відома автора та редакції.

**Адреса видавця та редакції:**

50042, м. Кривий Ріг, вул. Курчатова, 13.  
тел. (0564) 409-77-97, e-mail: obladnannya@donnuet.edu.ua, www.donnuet.edu.ua

© Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, 2021

ISSN 2079-4827

Ministry of Education and Science of Ukraine  
Mykhailo Tuhon-Baranovskyi Donetsk  
National University of Economics and Trade

# **FOOD PRODUCTION EQUIPMENT AND TECHNOLOGIES**

*Thematic collection of scientific works*

**No 1 (42) 2021**

Collection of scientific works published since 1998

Issued 2 times a year

*Journal is indexed in the international scientometrical bases  
and analytics systems*

*Index Copernicus, Google Scholar, ResearchBib, Cite Factor,  
EZB (Elektronische Zeitschriftenbibliothek),  
Advanced Science Index*

Kryvyi Rih  
DonNUET  
2021

**Editorial board:**

*Editor in chief* — **V. P. Khorolskyi**  
*Deputy editor in chief* — **R. P. Nykyforov**  
*Executive editor of series* — **D. V. Akindiev**  
*Executive secretary of series* — **A. V. Slashcheva**

**Editorial board of series:**

*Deynichenko G. V.*, Grand PhD in Engineering sciences (Kharkiv State University of Food Technology and Trade); *Gnitsevykh V. A.*, Grand PhD in Engineering sciences (Kyiv National University of Trade and Economics); *Grinchenko O. O.*, Grand PhD in Engineering sciences (Kharkiv State University of Food Technology and Trade); *Heiier H. V.*, Grand PhD in Economy sciences (Mykhailo Tuhan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade); *Khomych H. P.*, Grand PhD in Engineering sciences (Poltava University of Economics and Trade); *Khorolskyi V. P.*, Grand PhD in Engineering sciences (Mykhailo Tuhan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade); *Mykhailov V. M.*, Grand PhD in Engineering sciences (Kharkiv State University of Food Technology and Trade); *Nykyforov R. P.*, PhD in Engineering sciences (Mykhailo Tuhan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade); *Omelchenko O. V.*, PhD in Engineering sciences (Mykhailo Tuhan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade); *Pogrebnyak V. G.*, Grand PhD in Engineering sciences (Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas); *Pokotylo O. S.*, Grand PhD in Biological sciences (Ternopil Ivan Puluj National Technical University); *Popova S. Yu.*, PhD in Engineering sciences (Mykhailo Tuhan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade); *Priss O. P.*, Grand PhD in Engineering sciences (Tavria State Agrotechnological University); *Pyvovarov P. P.*, Grand PhD in Engineering sciences (Kharkiv State University of Food Technology and Trade); *Slashcheva A. V.*, PhD in Engineering sciences (Mykhailo Tuhan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade); *Simakova O. O.*, PhD in Engineering sciences (Mykhailo Tuhan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade); *Stadnyk I. Ya.*, Grand PhD in Engineering sciences (Ternopil Ivan Puluj National Technical University); *Vinnikova L. G.*, Grand PhD in Engineering sciences (Odessa National Academy of Food Technologies); *Yudina T. I.*, Grand PhD in Engineering sciences (Kyiv National University of Trade and Economics); *Vozniak Yurii*, PhD in Physico-mathematical sciences (Center for Molecular and Macromolecular Studies, Polish Academy of Sciences), *Khamisabadi Javad*, PhD in industrial management (Faculty of Engineering & Management, Islamic Azad university, Tehran, Iran).

*This publication is entered in the List of Scientific Professional Editions of Ukraine (Category “B”) (Order No. 1188 of Ministry of Education and Science of Ukraine of 24.09.2020)*

Journal was registered at Ministry of Justice of Ukraine. Registration number KB № 13181-2065ПП dated July 25, 2007.

Founder and editor Mykhailo Tuhan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade, Kryvyi Rih.

Certificate of Publisher ДК № 4929 dated July 7, 2015.

*Passed for printing under recommendation of Academic Council of Mykhailo Tuhan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade (transaction No. 15 dated 24.06.2021).*

Language of edition: Ukrainian, English.

*Reprinting and translations are allowed only from the consent of author and editorial board.*

**Address of editor and editorial office:**

13, Kurchatova str., Kryvyi Rih, Ukraine, 50042 and editorial office:  
phone (0564) 409-77-97, e-mail: obladnannya@donnuet.edu.ua, www.donnuet.edu.ua

© Mykhailo Tuhan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade, 2021

# СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

DOI : 10.33274/2079-4827-2021-42-1-5-12

УДК 637.344:637.146.34

*Серенко А. А., аспірант<sup>1</sup>*

*Моїсеєва Л. О., науковий співробітник<sup>2</sup>*

*Юдіна Т. І., д-р техн. наук, професор<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Київський національний торговельно-економічний університет (м. Київ, Україна), e-mail : yudina2902@gmail.com.

<sup>2</sup> Інститут продовольчих ресурсів НААН України (м. Київ, Україна).

## ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ У ВИРОБНИЦТВІ НИЗЬКОЛАКТОЗНИХ ЙОГУРТІВ

UDC 637.344:637.146.34

*Serenko A. A., PhD student<sup>1</sup>*

*Moiseeva L. O., Researcher<sup>2</sup>*

*Yudina T. I., Grand PhD of Engineering Science,  
Professor<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine, e-mail: yudina2902@gmail.com.

<sup>2</sup> Institute of Food Resources of NAAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

## USE OF SECONDARY MILK RAW MATERIALS IN THE PRODUCTION OF LOW LACTASE YOGHURTS

**Мета.** Обґрунтування вибору вторинної молочної сировини для використання у технологіях низьколактозної молочної продукції, зокрема йогуртів.

**Методи.** У роботі використано стандартні загальноприйняті та спеціальні методи досліджень, які забезпечили виконання поставлених завдань. Відбір проб і підготовку їх до дослідження здійснювали за ДСТУ ISO 6498:2006. Масову частку сухих речовин визначали рефрактометричним методом. Масову частку білку визначали методом К'ельдаля. Амінокислотний склад білків визначали методом рідинної хроматографії на амінокислотному аналізаторі LKB 4151 «Альфа плюс». Визначення масової частки жиру проводили екстракційно-ваговим методом Соклета в модифікації Рушковського. Масову частку вуглеводів визначали центрифужним методом Бертрана-Б'єррі. Визначення масової частки мінеральних речовин проводили рентгенофлуоресцентним методом за допомогою спектрометра «Спектроскан».

**Результати.** Обґрунтовано доцільність використання вторинної молочної сировини, зокрема сколотин, у технології кисломолочних молочних продуктів, вільних від лактози або зі зниженим її вмістом. Досліджено хімічний склад та харчову цінність сколотин отриманих за різних способів виробництва вершкового масла. Встановлено, що сколотини, отримані способом збивання вершків на масловиготовлювачах періодичної та безперервної дії, містять білка на 11 %, жиру на 43 %, мінеральних речовин на 17 % більше, ніж сколотини отримані методом перетворення високожирних вершків. Доведено, що в якості основи для виробництва низьколактозної молочної продукції, зокрема йогуртів, та подальших досліджень перспективною сировиною є сколотини отримані методом збивання вершків.

**Ключові слова:** лактазна недостатність, низьколактозна молочна продукція, йогурт, вторинна молочна сировина, сколотини, хімічний склад, харчова цінність.

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день все більшого поширення набувають захворювання пов'язані із непереносимістю певних нутрієнтів харчових продуктів. Одним з таких видів ферментопатій є непереносимість лактози, що пов'язана з відсутністю або

Надійшла до редакції 15.04.2021 р.

© А. А. Серенко, Л. О. Моїсеєва, Т. І. Юдіна, 2021

недостатністю в організмі людини лактази — ферменту, необхідного для розщеплення лактози [1,2].

За даними ВООЗ на лактазну недостатність страждає 12–17 % населення Європи, в Україні цей показник складає 15–35 % дорослого населення. У всьому світі близько 70–75 % населення нездатні нормально сприймати лактозу [3,4].

Основним напрямком лікування лактазної недостатності є дієтотерапія, яка передбачає повне виключення або обмеження споживання харчових продуктів, які містять у своєму складі лактозу [5]. Проте, в структурі харчування населення багатьох країн молоко та молочні продукти є невід’ємним елементом раціону і незамінним джерелом білків та інших нутрієнтів. Відмова від споживання молочних продуктів призводить до порушення харчового раціону, а це, в свою чергу, до зростання рівня захворюваності, зниження працездатності та скорочення тривалості життя [6]. Тому перспективним напрямком вирішення даної проблеми є створення технологій молочних продуктів, вільних від лактози або зі знизеним її вмістом.

Нестабільна економічна ситуація, спричинена карантинними обмеженнями в умовах пандемії COVID-19, призвела до падіння обсягів виробництва молока на 7 %, що в свою чергу викликало збільшення цін на молочну продукцію, зокрема на безлактозну та низьколактозну [7]. Тому, враховуючи обмеження природних продовольчих ресурсів, потреби раціонального використання біопотенціалу вітчизняної вторинної молочної сировини (сколотини, знежирене молоко, сироватка) домінантою постає проблема пошуку напрямів залучення її до харчового раціону та використання у технологіях молочної продукції із регульованим нутрієнтним складом та комплексом прогнозованих споживних властивостей.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Створенню науково-практичних засад використання вторинної молочної сировини у технології харчових продуктів із регульованим нутрієнтним складом присвячені праці багатьох вітчизняних та закордонних вчених: Гніщевич В. А., Дейниченко Г. В., Мінорової А. В., Поліщук Г. Є., Романчук І. О., Ткаченко Н. А., Трубнікової А. А., Чагаровського О. П., Т. І. Юдіної, М. Неуман, М. Lomer, V. Misselwitz та ін. [1–3; 6–12].

Незважаючи на велику кількість наукових досліджень, роботи в даному напрямку постійно продовжуються й, з одного боку, лежать в площині використання харчових добавок та їх сумішей, а, з іншого, — передбачають залучення до технологічного циклу нової сировини, яка є природним джерелом есенціальних речовин та має широкий спектр технологічних властивостей. Водночас виявлено, що системні дослідження, спрямовані на одержання низьколактозних молочних продуктів, зокрема йогуртів, на основі вторинної молочної сировини, відсутні.

На загальному ринку молочних продуктів йогурти займають значний сегмент (27 %) та користуються попитом серед споживачів [13]. Споживання йогуртів забезпечує організм корисними біологічно активними речовинами, продуктами метаболізму кислотолюбних і біфідобактерій, сприяє кращому засвоєнню кальцію, зниженню рівня холестерину в крові, забезпечує нормалізацію мікрофлори кишківника. При цьому, йогурти містять дещо нижчий рівень лактози — близько 3 %, що пояснюється її частковим гідролізом молочнокислими бактеріями при виробництві йогурту. Проте, такий вміст молочного цукру все одно не дає змогу споживати цю продукцію особам, що страждають на непереносимість лактози.

Тому науковий і практичний інтерес становить розроблення інноваційних технологій безлактозних та низьколактозних йогуртів на основі вторинної молочної сировини. Це дозволить розширити асортимент вітчизняної молочної продукції оздоровчого призначення та забезпечити повноцінним харчуванням осіб з частковою або повною несприйнятливістю до лактози.

**Мета статті.** Обґрунтування вибору виду вторинної молочної сировини для використання у технологіях низьколактозної молочної продукції, зокрема йогуртів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Загальні ресурси вторинної молочної сировини в Україні становлять 70 % від обсягу молока, що переробляється, і досягають щороку 2,9...3,2 млн т. Значний обсяг та висока харчова цінність білково-вуглеводної молочної сировини обумовлюють необхідність її повного збору та раціонального використання, зокрема у виробництві харчових продуктів.

Одним з видів вторинної молочної сировини, що отримують при виробництві вершкового масла, є сколотини. У загальному обсязі виробленої ВМС сколотини займають відносно невисоку частку (до 5 %) [14]. Однак за вмістом біологічно активних речовин сколотини є особливо цінною молочною сировиною.

Сколотини містять всі основні компоненти молока (крім жиру) у тих же кількостях (табл. 1), а по вмісту фосфоліпідів перевершує його, завдяки чому можуть вживатися без обмежень людьми будь-яких вікових категорій [7; 14].

**Таблиця 1** — Хімічний склад білково-вуглеводної молочної сировини, %

Найменування сировини	Компоненти				
	сухі речовини	молочний жир	білки	лактоза	мінеральні речовини
Незбиране молоко	12,3	3,6	3,2	4,8	0,7
Знежирене молоко	8,8	0,05	3,2	4,8	0,75
Молочна сироватка	6,3	0,2	0,8	4,8	0,5
Сколотини	9,1	0,5	3,2	4,7	0,7

Слід зазначити, що хімічний склад і властивості сколотин залежать від способу виробництва вершкового масла. В залежності від виду масла, що виробляється, виділяють такі види сколотин:

— сколотини, що одержують при виробництві вершкового масла методом збивання вершків на масловиготовлювачах періодичної (I) та безперервної дії (II);

— сколотини, що отримують при виробництві вершкового масла методом перетворення високожирних вершків (III);

— сколотини, отримані при виробництві солодковершкового масла, і сколотини, отримані при виробництві кисловершкового масла.

Тому, з метою обґрунтування вибору виду сколотин для подальшого використання у технології низьколактозних кисломолочних напоїв, проведено аналіз їх харчової цінності.

З даних наведених у табл. 2. видно, що спосіб виготовлення масла впливає на хімічний склад сколотин. Слід відмітити, що сколотини, отримані при виготовленні масла способами збивання (періодичного та безперервного) відрізняється від сколотин способу перетворення високожирних вершків більш значним вмістом білку, жиру, мінеральних речовин та вітамінів [15].

**Таблиця 2** — Хімічний склад сколотин (порівняно зі знежиреним молоком)

Показники	Сколотини I	Сколотини II	Сколотини III	Знежирене молоко
Масова частка сухих речовин, %, в тому числі:	9,01	8,99	8,61	8,45
білки	2,99	2,89	2,66	3,00
жири	0,7	0,7	0,4	0,05
лактоза	4,57	4,77	4,93	4,70
Мінеральних речовин, у тому числі:	0,75	0,63	0,62	0,70
фосфор	0,104	0,094	0,089	0,071
кальцій	0,106	0,109	1,13	1,26

Так, сколотини I і II містять у своєму складі білка на 11 %, жиру на 43 %, мінеральних речовин на 17 % більше, ніж сколотини III. Однак, найбільший інтерес у цій сировині представляють білкові речовини, що обумовлюють біологічну цінність сколотин.

Білки сколотин відрізняються від білків цільного й знежиреного молока по складу і фізико-хімічних властивостях. Вони представлені казеїном (близько 70 %) і сироватковими білками. Казеїнових білків у сколотинах міститься приблизно стільки ж, скільки у вершках, і на 10 % менше, ніж у знежиреному й незбираному молоці [15]. Казеїнові білки цільного, знежиреного молока, вершків і сколотин представлені чотирма основними фракціями —  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\chi$ ,  $\gamma$ , кількісне співвідношення яких у процесі переробки молока практично не міняється.

При переробці молока на вершкове масло методом перетворення високожирних вершків у результаті впливу ряду фізико-хімічних факторів у сколотинах підвищується вміст сироваткових білків у порівнянні з вихідним незбираним молоком на 8,6 %, із знежиреним молоком — на 10,5 % [15].

Сироваткові білки за своїм амінокислотним складом є повноцінними, оскільки містять у кращому сполученні незамінні амінокислоти, чим інші білки тваринного походження, а їхня біологічна цінність перевищує біологічну цінність білків курячого яйця. Сироваткові білки виконують в організмі людини важливі біологічні функції. Так, імуноглобулін виконує захисну функцію, він є носієм пасивного імунітету, лактоферін і лізоцим, що відносяться до ферментів сколотин, мають антибактеріологічні функції.

Відмінною рисою білкового складу сколотин є наявність білків оболонки жирових кульок, що переходять у них при фізико-хімічних і механічних впливах на молоко і вершки в процесі виробництва масла, у кількості 55 % від їхнього вмісту в оболонках. По своїх електрофоретичних властивостях білки оболонки жирових кульок ідентичні сироватковим білкам. Ізоелектрична точка їх знаходиться в межах рН 3,9...4,0 [15].

Амінокислотний склад білків оболонки жирових кульок відрізняється підвищеним вмістом аргініну, фенілаланіну і треоніну, що грають істотну роль у забезпеченні нормального росту і розвитку дітей; вміст метіоніну + цистину вищий, ніж в основному білку молока — казеїні.

Загальна кількість амінокислот у сколотинах (3103 мг%) приблизно така ж, як і в незбираному молоці (3144 мг%) [9,15]. Вміст вільних амінокислот у сколотинах (1757 мг %) знаходиться на рівні їхнього вмісту в знежиреному молоці [16].

Таким чином, білки, що містяться в сколотинах, особливо сироваткові, володіють підвищеною біологічною цінністю і при їхньому використанні в харчуванні можуть відігравати значну роль у рішенні проблеми білкового дефіциту.

Вміст молочного жиру в сколотинах невеликий і складає 0,4...0,7 %, але його харчова цінність досить висока, оскільки він є носієм біологічного активних речовин і незамінних жирних кислот [16]. Молочний жир у сколотинах перебуває у диспергованому стані, значна частинка жирових кульок має розміри менше 1 мкм, що сприяє кращому його засвоєнню організмом. Жир сколотин також характеризується вмістом цінних поліненасичених жирних кислот: лінолевої, ліноленової, арахідонової, які володіють антисклеротичними властивостями. Ці поліненасичені жирні кислоти, загальний вміст яких не перевищує 5 %, утворюють біологічний комплекс, що бере участь у нормалізації жирового та холестеринового обміну, а також сприяє зміцненню стінок кровоносних судин.

У сколотинах виявлено шість основних фракцій ліпідів: фосфоліпіди, моно-, дигліцериди, вільні жирні кислоти, тригліцериди, вуглеводи й стерини.

Сколотини відрізняються від цільного молока і вершків підвищеним вмістом окремих фракцій ліпідів, у той час як вміст жиру в них незначний. У їх складі — біологічно цінні компоненти, наприклад, протисклеротичні речовини (оболонковий білково-жировий комплекс і його фосфоліпіди). Сколотини більш багаті фосфоліпідами, чим цільне й знежирене молоко і навіть вершки. Вміст їх у сколотинах перевищує вміст у цільному й знежиреному молоці відповідно в 1,4 і 11 разів [11; 12]. Фосфоліпіди складають 35...45 % від загальної кількості ліпідів, що входять до складу оболонки жирових кульок. Вони є біологічно активними речовинами і беруть участь у багатьох процесах життєдіяльності організму.

Вміст холестерину й фосфоліпідів у сколотинах, отриманих при різноманітних засобах виробництва вершкового масла, приведене в табл. 3 [14; 17].



Таблиця 3 — Вміст холестерину й фосфоліпідів у сколотинах, мг %

Зразки сколотин	Вміст	
	холестерину	фосфоліпідів
Сколотини I	39,0	210,4
Сколотини II	23,0	185,8
Сколотини III	20,3	150,0

Менший вміст фосфоліпідів у сколотинах III (табл. 3), отриманих при виробництві масла способом перетворення високожирних вершків, можна пояснити в основному умовами виробництва. Очевидно, велика частина фосфоліпідів разом із незруйнованими оболонками жирових кульок у період сепарування переходить у високожирні вершки. При виробництві масла способом збивання відбувається найбільш інтенсивне руйнування оболонок жирових кульок під дією фізичного дозрівання вершків і механічного впливу, у результаті чого велика частина ліпопротеїну переходить із поверхні жирової кульки в сколотини. Враховуючи це, саме сколотини, отримані методом збивання, є більш кращими для наступної переробки в продукти харчування.

Особливу цінність сколотини представляють як джерело лецитину, що зв'язаний з білком і утворює високоактивний білково-лецитиновий комплекс. Останній знаходиться тільки в оболонці, що покриває жирову кульку сколотин. Ліпопротеїновий комплекс сколотин бере участь у жировому обміні речовин. У сколотинах усіх способів виробництва масла міститься 20,3...39,0 мг% холестерину [16, 17]. У незначних кількостях він необхідний для нормального функціонування організму в цілому, оскільки підтримує процеси обміну в клітинах організму і зберігає їхню пружність.

Вуглеводний склад сколотин подібний до складу незбираного молока та продуктів його переробки. Він представлений головним чином лактозою й продуктами її гідролізу — глюкозою й галактозою [11]. Вміст лактози в сколотинах складає до 5%. Вона сприяє нормалізації у кишечнику процесів бродіння і попереджає інтенсивний розвиток гнильних процесів. Лактоза сприяє не тільки підвищенню енергетичної цінності молочних продуктів, протіканню в організмі біохімічних і фізіологічних процесів, але і слугує субстратом для розвитку молочнокислих бактерій і дріжджів, що має важливе значення при виробництві кисломолочних продуктів, зокрема йогуртів.

Сколотини містять повний комплекс мінеральних речовин, у тому числі й мікроелементів незбираного молока. За рівнем вмісту основних зольних елементів і фосфору сколотини, отримані при виробництві масла збиванням вершків, перевершують сколотини III і знежирене молоко, хоча вміст кальцію в них дещо менший (табл. 2).

Вітаміни в сколотинах містяться в значних кількостях і представлені групою водорозчинних вітамінів — С; В<sub>1</sub>; В<sub>2</sub>; В<sub>6</sub>; В<sub>12</sub>; РР і групою жиророзчинних вітамінів — А; Е.

Вітамінний склад сколотин (у порівнянні з незбираним молоком) приведений у табл. 4 [11].

Таблиця 4 — Вітамінний склад сколотин (порівняно з незбираним молоком)

Вітаміни	Вміст		
	у незбираному молоці, мкг/кг	у сколотинах	
		мкг/кг	% від вмісту в незбираному молоці
Тіамін (В <sub>1</sub> )	400	300	75
Рибофлавін (В <sub>2</sub> )	1500	1500	100
Ніацин (РР)	1000	1400	140
Піридоксин (В <sub>6</sub> )	500	200	40
Ціанокобаламін (В <sub>12</sub> )	0,4	0,42	105
Фолацин (В <sub>9</sub> )	5,0	-	-
Ретинол (А)	70	50	71

## Продовження таблиці 4

Вітаміни	Вміст		
	у незбираному молоці, мкг/кг	у сколотинах	
		мкг/кг	% від вмісту в незбираному молоці
Аскорбінова кислота (С)	15000	3000	20
Токоферол (Е)	0,09	0,01	11
Кальциферол (Д)	0,05	-	-

Як видно з табл. 4, жиророзчинні вітаміни в сколотинах містяться в малій кількості, що пояснюється виділенням жирової фракції з незбираного молока при одержанні сколотин. У сколотинах, отриманих методом збивання вершків, вітаміну А міститься в 1,3 рази, Е — у 1,8 разів більше, ніж у сколотинах, отриманих методом перетворення високожирних вершків [11]. Вміст вітаміну С у порівнянні з незбираним молоком значно нижче, що викликано впливом високих температур на молоко і вершки в процесі виробництва вершкового масла. Однак, по загальному набору й абсолютному вмісту вітамінів сколотини є біологічно повноцінним продуктом.

**Висновки.** Таким чином, на підставі проведених досліджень, можна зробити висновок, що сколотини отримані при виробництві масла методом збивання вершків мають більшу біологічну цінність за рахунок високого вмісту повноцінних білків, низького вмісту жиру, повноцінного складу вітамінів та мінеральних речовин, співвідношення яких є оптимальним для засвоєння організмом. Отже, саме цей вид сколотин рекомендується використовувати як молочну основу у подальших дослідженнях щодо розроблення інноваційних технологій низьколактозних йогуртів.

## Список літератури

1. Heyman M. B. Lactose intolerance in infants, children, and adolescents. *Pediatrics*. 2006. Т. 118. №. 3. Р. 1279–1286.
2. Lomer, M. C. E., Parkes, G. C., Sanderson, J. D. (2008). Lactose intolerance in clinical practice—myths and realities. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, no. 2, pp. 93–103.
3. Corgneau, M., Scher, J., Ritie-Pertusa, L., Le, D. T., Petit, J., Nikolova, Y., Gaiani, C. (2017). Recent advances on lactose intolerance: Tolerance thresholds and currently available answers. *Critical reviews in food science and nutrition*, no. 15, pp. 3344–3356.
4. Misselwitz, B., Pohl, D., Frühauf, H., Fried, M., Vavricka, S. R., Fox, M. (2013). Lactose malabsorption and intolerance: pathogenesis, diagnosis and treatment. *United European gastroenterology journal*, no. 3, pp. 151–159.
5. Ткач С. М., Сизенко А. К. Синдром мальабсорбції: нова класифікація, основні причини та механізми розвитку. *Сучасна гастроентерологія*. 2012. № 3 (65). С. 114–121.
6. Гніцевич В., Юдіна Т., Гончар Ю. Технологія напівфабрикату на основі низьколактозної молочної сироватки та м'якоті гарбуза. *Товари і ринки*. 2018. №4. С. 105–114.
7. Дейниченко Г. В., Юдіна Т. І., Ветров В. М. Нові види копреципітатів та їх використання в харчових технологіях : монографія. Донецьк : Донеччина, 2010. 176 с.
8. Романчук І. О., Мінорова А. В., Рудакова Т. В., Моїсеєва Л. О. Закономірності ферментативного гідролізу лактози в молочної сировині. *Продовольчі ресурси*. 2020. № 14. С. 165–174.
9. Грек О. В., Поліщук Г. Є., Онопрійчук О. О. Технологія продуктів зі знежиреного молока, молочної сироватки і маслянки : навч. посіб. Київ : НУХТ, 2011. 258 с.
10. Дідух Н. А., Романченко С. В. Наукові основи виробництва напою кисломолочного для дитячого харчування з подовженим терміном зберігання. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2012. №. 42 (2). С. 251–259.
11. Трубнікова А. А. Розроблення технології безлактозного концентрату маслянки із закладами складом нутрієнтів : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04. Одеса, 2019. 253 с.

12. Чагаровський О. П., Погосян А. С. Гідроліз лактози препаратами  $\beta$ -галактозидази — новий напрямок підвищення ефективності виробництва морозива і заморожених десертів. *Світ морозива та холоду*. 2006. №5 (17). С. 36–39.

13. Мошковська О. А. Аналіз сучасного стану молокопродуктового комплексу України, проблеми його розвитку та шляхів їх вирішення. *Агросвіт*. 2019. №18. С. 16–23.

14. Юдіна Т. І. Наукове обґрунтування технологій структурованої кулінарної продукції з використанням концентрату сколотин : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.16. Київ, 2016. 405 с.

15. Скарбовійчук О. М., Кочубей-Литвиненко О. В., Чернюшок О. А., Федоров В. Г. Хімічний склад і фізичні характеристики молочних продуктів : довідник. Київ : НУХТ, 2012. 311 с.

16. Золотухіна І. В. Наукове обґрунтування технологій напівфабрикатів на основі цільового використання нутрієнтів білково-вуглеводної молочної сировини : дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.16. Харків, 2021. 400 с.

17. Грек О. В., Онопрійчук О. О. Наукові основи безвідходних технологій відновлюваної сировини: підруч. Київ: НУХТ. 2020. 323 с.

### References

1. Heyman, M. B. (2006). Lactose intolerance in infants, children, and adolescents. *Pediatrics*. No. 3, pp. 1279–1286.

2. Lomer, M. C. E., Parkes, G. C., Sanderson, J. D. (2008). Lactose intolerance in clinical practice—myths and realities. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, no. 2, pp. 93–103.

3. Corgneau, M., Scher, J., Ritie-Pertusa, L., Le, D. T., Petit, J., Nikolova, Y., Gaiani, C. (2017). Recent advances on lactose intolerance: Tolerance thresholds and currently available answers. *Critical reviews in food science and nutrition*, no. 15, pp. 3344–3356.

4. Misselwitz, B., Pohl, D., Frühauf, H., Fried, M., Vavricka, S. R., Fox, M. (2013). Lactose malabsorption and intolerance: pathogenesis, diagnosis and treatment. *United European gastroenterology journal*, no. 3, pp. 151–159.

5. Tkach, S. M., Sizenko, A. K. (2012). *Syndrom mal'absorbtsiyi: novaya klasyfikatsiya, osnovni prychny ta mekhanizmy rozvytku* [Malabsorption syndrome: a new classification, the main causes and mechanisms of development]. *Suchasna gastroenterolohiya* [Modern gastroenterology], no. 3 (65), pp. 114–121.

6. Gnitsevich, V., Yudina, T., Gonchar, Y. (2018). *Tekhnolohiya napivfabrykatu na osnovi nyzkolaktoznoyi molochnoyi syrovatky ta myakoti harbuza* [Semi-finished product technology based on low-lactose whey and pumpkin pulp]. *Tovary i rynky* [Goods and markets], no. 4, pp. 105–114.

7. Deinichenko, G. V., Yudina, T. I., Vetrov, V. M. (2010). *Novi vydy kopretsypitativ ta yikh vykorystannya v kharchovykh tekhnolohiyakh* [New types of coprecipitates and their use in food technology]. Donetsk, Donechchyna Publ., 176 p.

8. Romanchuk, I. O., Minorova, A. V., Rudakova, T. V., Moiseyeva, L. O. (2020). *Zakonomirnosti fermentatyvnoho hidrolizu laktozy v molochniy syrovyni* [Regularities of enzymatic hydrolysis of lactose in raw milk]. *Prodovolchi resursy* [Food resources], no. 14, pp. 165–174.

9. Грек, О. В., Polishchuk, G. E., Onopriychuk, O. O. (2011). Technology of products from skim milk, whey and buttermilk [Tekhnolohiya produktiv zi znezhyrenoho moloka, molochnoyi syrovatky i maslyanky], Kyiv, 258 p.

10. Didukh, N. A., Romanchenko, S. V. (2012). *Naukovi osnovy vyrobnytstva napoyu kyslomolochnoho dlya dytyachoho kharchuvannya z podovzhenym terminom zberihannya* [Scientific bases of production of sour-milk drink for children's food with extended term of storage]. *Naukovi pratsi Odeskoyi natsionalnoyi akademiyi kharchovykh tekhnolohiy* [Scientific works of Odessa national academy of food technologies], no. 42 (2), pp. 251–259.

11. Trubnikova, A. A. (2019). *Rozroblennya tekhnolohiyi bezlaktoznoho kontsentratu maslyanky iz zadamy skladom nutriyentiv* [Development of technology of lactose-free buttermilk concentrate with nutrients in nutrients. PhD in Engineering sciences thesis], Odessa, 253 p.

12. Chaharovskyy, O. P., Pohosyan, A. S. *Hidroliz laktozy preparatamy b-halaktozydazy — novyyu napryamok pidvyshchennya efektyvnosti vyrobnytstva morozyva i zamorozhenykh desertiv*

[Hydrolysis of lactose by  $\beta$ -galactosidase preparations — a new direction of increasing the efficiency of production of ice cream and frozen desserts]. *Svit morozyva ta kholodu* [World of ice cream and cold], no. 5 (17), pp. 36–39.

13. Moshkovska, O. A. (2019). *Analiz suchasnoho stanu molokoproduktovoho kompleksu Ukrainy, problemy yoho rozvytku ta shlyakhiv yikh vyrishennya* [Analysis of the current state of the dairy complex of Ukraine, the problems of its development and ways to solve them.]. *Ahrosvit* [Agrosvit], no. 18, pp. 16–23.

14. Yudina, T. I. (2016). *Naukove obgruntuvannya tekhnolohiy strukturovanoyi kulinarnoyi produktsiyi z vykorystanniam kontsentratu skolotyn* [Scientific substantiation of technologies of structured culinary products with the use of buttermilk concentrate. Grand PhD in Engineering sciences thesis ], Kyiv, 405 p.

15. Skarboviychuk, O. M., Kochubey-Lytvynenko, O. V., Chernyushok, O. A., Fedorov, V. H. (2012). *Khimichnyy sklad I fizychni kharakterystyky molochnykh produktiv* [Chemical composition and physical characteristics of dairy products]. Kyiv, 311 p.

16. Zolotukhina, I. V. (2021). *Naukove obgruntuvannya tekhnolohiy napivfabrykativ na osnovi tsilovoho vykorystannya nutryentiv bilkovo-vuhlevodnoyi molochnoyi syrovyny* [Scientific substantiation of technologies of semi-finished products on the basis of target use of nutrients of protein-carbohydrate dairy raw materials. Grand PhD in Engineering sciences thesis], Kharkiv, 400 p.

17. Grek, O. V., Onopriychuk, O. O. (2020). *Naukovi osnovy bezvidkhodnykh tekhnolohiy vidnovlyuvanoyi syrovyny* [Scientific bases of waste-free technologies of renewable raw materials], Kyiv, 323 p.

**Objective.** *Justification of the choice of the type of secondary milk raw materials for use in the technology of low-lactose dairy products, in particular yogurts.*

**Methods.** *The paper uses standard generally accepted and special research methods that ensure the implementation of the tasks. Sampling and preparation for the study was carried out according to DSTU ISO 6498: 2006. The mass fraction of dry matter was determined by refractometric method. The mass fraction of protein was determined by the Kjeldahl method. The amino acid composition of the proteins was determined by liquid chromatography on the amino acid analyzer LKB 4151 «Alpha Plus». Determination of the mass fraction of fat was performed by the Soxhlet extraction-weight method in the Rushkovsky modification. The mass fraction of carbohydrates was determined by the Bertrand-Bierry centrifugal method. Determination of the mass fraction of minerals was performed by X-ray fluorescence using a spectrometer «Spectroscan».*

**Results.** *The expediency of using secondary milk raw materials, in particular buttermilk, in the technology of fermented milk dairy products, free from lactose or with its reduced content, is substantiated. The chemical composition and nutritional value of buttermilk obtained by different methods of butter production were determined. It was found that the butter obtained by the method of whipping cream on butter producers of periodic and continuous action, mix protein by 11 %, fat by 43 %, minerals by 17 % more than butter obtained by the method of conversion of high-fat cream. It is proved that as a basis for the production of low-lactose yogurts and further research, promising raw materials are buttermilk obtained by whipping cream.*

**Key words:** *lactase deficiency, low-lactose dairy products, yogurt, secondary milk raw materials, buttermilk, chemical composition, nutritional value.*

*Васильєва О. О., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Київський національний торговельно-економічний університет (м. Київ, Україна), e-mail: vasuleva2015@ukr.net.

**ТЕХНОЛОГІЯ СОЛОДКИХ СОУСІВ З АЙВИ ТА КИЗИЛУ**

UDC 664.87:642.547

*Vasylieva O. O., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor*

<sup>1</sup> Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine, e-mail: vasuleva2015@ukr.net.

**TECHNOLOGY OF SWEET SAUCE QUINCE FRUIT AND DOGWOOD**

**Мета** — наукове обґрунтування технологічних параметрів та режимів технології солодких соусів з плодів айви та кизилу.

**Методи.** При визначенні вмісту целюлози, геміцелюлози і пектинових речовин використовували інфрачервоний аналізатор, на спектроскопії — вимірі інтенсивності спектра, який виходить при проходженні через підготовлений зразок ближнього випромінювання цієї спектральної області.

Загальний вміст фенольних сполук визначали методом високоефективної рідинної хроматографії на приладі Agilent Technologies (модель 1100), оснащеного хроматографічною колонкою «ZORBAX» SB-C18 розміром 2,1x150 мм, заповненою октфдецилсилильним сорбентом зернистістю 3,5 мкм. Визначення проводили при наступних параметрах детектування: довжина хвилі 313 нм (для фенолокислот та їх похідних), 350 нм (для глікозидів флавонів). Параметри знімання спектру — кожен пік 190...600 нм. Ідентифікацію фенольних сполук проводили за часом утримування стандартів та спектральним характеристикам (та порівнянні їх з літературними даними високоефективної хроматографії дослідження ягід та пюре)

**Результати.** Визначені раціональні режими обробки сировини — плодів айви та кизилу — з метою надання рецептурним компонентам технологічних властивостей для подальшого використання у технології солодких соусів.

Подрібнені кубики айви бланширують водою за температури 95...98 °С протягом (3...5)·60 с. Подрібнення пюре до розміру часток (0,5...0,7)·10<sup>-3</sup> м, вміст целюлози, геміцелюлози і пектинових речовин у нерозчинному залишку знизився відповідно на 0,56 %, 1,2 %, 1,7 %.

Волого-термічна обробка айви в гідромодулі 1:0,8...1:0,9, за температури (98...100) °С протягом (23...25)·60 с. Обґрунтовано технологічні параметри технологію солодких соусів з використанням плодів айви та кизилу.

Досліджено хімічний склад соусів, встановлено, що використання кизилу у технології солодких соусів збагачує страви біологічно активними речовинами, призводить до зростання загального вмісту флавоноїдів.

**Ключові слова:** технологія, айва, кизил, пюре, солодкий соус.

**Постановка проблеми.** Гострою проблемою сьогодення є зниження негативного впливу на організм людини ендо- та екзофакторів. Наслідком такого впливу є погіршення стану здоров'я пов'язане з виникненням нетипових захворювань, порушенням обмінних процесів тощо. Одним із шляхів вирішення даного питання є розробка технологій продукції підвищеної біологічної цінності

Серед продуктів харчування у щоденному раціоні людини важливе місце належить пюре, пастам, соусам з плодово-ягідної сировини. Одним із шляхів підвищення біологічної цінності плодово-ягідних напівфабрикатів (соуси, пюре, пасти), є використання при їх виробництві сировини з високим вмістом біологічно-активних речовин, зокрема флавоноїдів [1].

Перспективною вітчизняною сировиною з високим антиоксидантним та антиокислювальними властивостями є плоди кизилу. Однак сезонність надходження плодів зумовлює використання їх у харчовому виробництві у вигляді продуктів переробки, серед яких особливо цінними є соуси.

Сучасні технології виробництва солодких соусів характеризуються високим вмістом структуроутворювачів, цукру, води, що негативно впливає на їх біологічну цінність, тому виробництво солодких соусів з плодово-ягідної сировини з високим вмістом біологічно-активних речовин є актуально.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Протягом останніх років вагомих науковий та практичний внесок у технологію розробки напівфабрикатів з використанням плодово-ягідної сировини внесли вітчизняні науковці Л. П. Малюк, Г. В. Дейниченко, О. О. Гринченко, Г. П. Хомич, Л. М. Тележенко та ін.

Асортимент соусів, що виготовляються харчовою промисловістю та закладами ресторанного господарства, досить широкий, як і їх призначення, склад, технологія виготовлення, однак соуси з використанням плодово-ягідної сировини, поступаються по обсягам виробництва та споживання соусам з емульсійною основою [2].

Солодкі соуси з плодово-ягідної сировини бажано додавати до таких страв як каші, круп'яні биточки, млинці та оладки, креми, морозиво, суфле тощо. Їх функцією є надання стравам привабливого зовнішнього вигляду та підвищення біологічної цінності.

За тривалістю зберігання солодкі фруктові соуси поділяють на соуси промислового виробництва з тривалим зберіганням — зберігання більше 30 діб та виготовленні закладами ресторанного господарства з обмеженим терміном зберіганням.

У закладах ресторанного бізнесу виготовляють фруктові, ягідні, молочні, комбіновані соуси — вершковий, шоколадний, полуничний, журавлиний, малиновий, вишневий, чорносмородиновий, абрикосовий та яблучний. До складу соусів промислового виробництва додають консерванти, використовують теплову стерилізацію, тому вони мають подовжений термін зберігання, що негативно впливає на біологічну цінність готового продукту [3].

Ринок плодово-ягідних соусів за останні кілька років розширився, але аналіз літературних джерел свідчить, що він залишається досить незначним. Вимоги сучасного споживача щодо продуктів харчування, кардинально змінилися — споживач потребує не лише привабливу але й здорову їжу, тому науковцями розроблено нові види фруктових соусів та топінгів.

Фруктові десерти з хурми та цистозіри «Прованс» та «Сонячний бриз» містять підвищений вміст макро- та мікро елементів, вітамінів, харчових волокон. Науковцями розроблена технологія десертів «Золотавий промінь» в якості харчової добавки включають пектинові композиції, які позиціуються як продукти для профілактичного харчування [4,5,6].

Науковцями Київського національного торговельно-економічного університету розроблено функціональні солодкі топінги, рецептурний склад яких включає фруктовий компонент, цукор, модифікований крохмаль, стабілізатор, воду та функціональні наповнювачі-композиції «Вечірнє відновлення» або «Денна енергія» [7,8].

Науковцями Інституту громадського здоров'я ім. О. М. Марзеева НАМН України розроблено технологію соусів з використанням журавлини, соку кропу та петрушки, пюре яблука, журавлину, брусницю, абрикоси, чорну смородину, сливу або вишню [9].

Ринок плодово-ягідних пюре закордонних виробників представлений компаніями «Tumbark» (Польща), «TOGE» (Чехія), «Fabbri» (Італія) та інші. Компанія «Spilva» (Латвія) займається виробництвом плодово-ягідних соусів. Брусничний соус додаванням пюре з яблука використовують до солодких страв та страв з м'яса та птиці; соус лимонний використовують як добавку до страв з риби та різноманітних салатів, а також в якості маринаду до м'яса, риби, птиці. Десертні соуси торговельної марки «Schwartau» (Німеччина) полуничний та малиновий містять у своєму складі 55 % ягід, а також цукор, сироп глюкози, воду, пектин, лимонну кислоту та стабілізатор. [10].

Аналіз вітчизняного ринку солодких соусів показав, що серед соусної продукції з використанням плодово-ягідної сировини переважно пропонується продукція закордонного виробництва з тривалим терміном зберігання, який забезпечується внесенням штучних барвників, консервантів. Соуси вітчизняного виробництва, особливо для закладів ресторанного господарства, практично відсутні.

Одним із джерел плодово-ягідної сировини для виробництва соусів є плоди айви. Завдяки підвищеному вмісту біологічно активних речовин (поліфенолів, вітамінів, пектинових і мінеральних речовин) айву визнано цінним продуктом харчування людини. Серед інших плодів її, насамперед, відрізняє високий вміст пектинових речовин. Пектин вважається ефективним засобом під час лікування цукрового діабету, атеросклерозу, ожиріння та різних інтоксикацій. З технологічних позицій пектини використовуються як функціонально-технологічні інгредієнти, що володіють певними структуроутворювальними властивостями.

За регулярного вживання айва благотворно впливає на обмін речовин, має протиатеросклеротичні, протидіабетичні властивості, нормалізує діяльність кишечника, поліпшує показники крові і властивості стінок судин, зміцнює імунітет. Продукти переробки плодів айви мають знижену калорійність, водночас містять цінний комплекс біологічно активних речовин [11].

В Україні айву використовують у консервованому вигляді для дитячого харчування та у вигляді плодово-ягідних соків, пюре, паст, у ресторанному господарстві — у технології солодких страв, десертів, топінгів, однак в технологіях солодких соусів їх використання обмежене. Пюре айви може бути функціональною основою для виробництва солодких соусів за рахунок високого вмісту пектинових речовин, тому що не потребує додаткового загусника.

Однією з поширених плодових культур в Україні — є кизил, плоди мають багато різновидів, але за смаковими якостями найбільш поширену популярність мають сорти «Червона» та «Королівський смак».

Плоди кизилу мають важливе харчове і лікарське значення. Свіжі та сушені плоди рекомендовано вживати від діареї (завдяки вмісту в ньому речовин — танідів — кизил має терпкі властивості), діабету (знижує відсоток цукру в крові), відсутності апетиту, при низькій ферментній активності підшлункової залози, авітамінозі, подагрі, гіпертонії і варикозному розширенні вен.

З плодів кизилу можна приготувати вітамінний сік, а також різноманітні дієтичні страви, джеми варення, мармелад, пастилу, тощо. Пюре з кизилу застосовують як приправу до м'ясних страв з метою збагачення їх вітамінами, мікроелементами, та іншими компонентами рослинного походження. У плодах кизилу міститься 13...19 % цукрів, в основному глюкоза і фруктоза; пектинові сполуки — 1,55...2,32 %; органічні кислоти — 2,2...3,9 %; дубильні й ароматні речовини — 0,15...0,86 %; 90...205 мг % аскорбінової кислоти; 6,2 мг % заліза.

Наявні в кизилі натуральні барвні речовини мають високу харчову цінність, безпечні для здоров'я людини. Природні барвники виявляють високу фізіологічну активність і застосовуються як лікарські засоби. Таким чином, вживання кизилу в їжу є одним із засобів підвищення цінності страв, до складу яких буде входити цей продукт.

Вирішальне значення при розробці рецептури солодких соусів було обґрунтування обраних рецептурних компонентів. Тому спираючись на результати проведених досліджень та проаналізувавши деякі види сировини, зваживши їх цілющі можливості і смакові якості, невисоку вартість та невибагливість вирощування, хімічний склад та функціональні властивості запропоновано використовувати в технології солодких соусів, в якості пектиновмісного компонента — пюре айви. З метою підвищення біологічної цінності страв та як джерело поліфенольних сполук запропоновано використання плодів кизилу.

**Мета статті** — наукове обґрунтування технологічних параметрів та режимів технології солодких соусів з використанням плодів айви та кизилу.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для розробки технології солодких соусів за контроль обрано рецептуру і технологію солодкого соусу з пюре айви

Розробка технології солодких соусів потребує надання плодам айви певних технологічних властивостей. Тому спосіб обробки плодів айви обирався за двома ознаками:

- надання їм функціонально-технологічних властивостей;
- збереження біологічної цінності після обробки.

Найбільш прийнятний спосіб попередньої обробки визначали шляхом порівняння властивостей вихідної сировини та модельних композицій за різних умов виробництва.

Враховуючи відомості про наявність обладнання та його технічні можливості, інспекцію і очищення, можливо виконувати на технологічних лініях закладів ресторанного господарства. Шкірка айви неїстівна, її треба видаляти — це сприятиме зменшенню потемніння готового продукту. Подрібнені кубики айви бланширують водою за температури 95...98 °С протягом (3...5)·60с, протирають на подвійній протиральній машині шнекового типу.

Подрібнення пюре відбувається до розміру часток  $(0,5...0,7) \cdot 10^{-3}$  м. Пюре є грубодисперсною масою, яка у своєму складі містить підвищену кількість структурних полісахаридів: целюлози, геміцелюлози, пектинових речовин. Нами були проведені дослідження, які дозволили знайти оптимальний підхід до покращення технологічних властивостей пюре шляхом його вологотермічної обробки. Унаслідок теплової обробки вміст целюлози, геміцелюлози і пектинових речовин у нерозчинному залишку знизився відповідно на 0,56 %, 1,2 %, 1,7 %.

Таким чином, доведено, що найбільш прийнятну структуру продукту можливо досягти шляхом волого-термічної обробки пюре айви в гідромодулі 1:0,8...1:0,9, за температури (98...100) °С протягом (23...25)·60 с.

Набуття пюре, обробленого за таких теплових умов, м'якої консистенції, значною мірою обумовлене гідролізом пектинових речовин, що призводить до розпушення структури продукту та збільшує його придатність для створення кулінарних виробів

Вирішальне значення при розробці рецептур солодких соусів було обґрунтування обраних компонентів. Аналізуючи лікувальні та дієтичні властивості плодово-ягідної сировини, можна стверджувати, що існує можливість розробки необмеженого асортименту солодких соусів з плодово-ягідної сировини лікувально-профілактичного призначення.

Раніше отримані результати досліджень процесу накопичення пектинових речовин айви було використано для обґрунтування раціональних режимів прогрівання пюре айви з кизилом, які становлять: тривалість процесу — (17...19)·60 с, температура — (90...95) °С. З метою покращення смако-ароматичних властивостей солодких соусів до основної рецептури додаємо сік імбиру. Враховуючи раніше отримані результати досліджень розроблено технологічну схему соусу солодкого з пюре айви та кизилю (рис. 1).

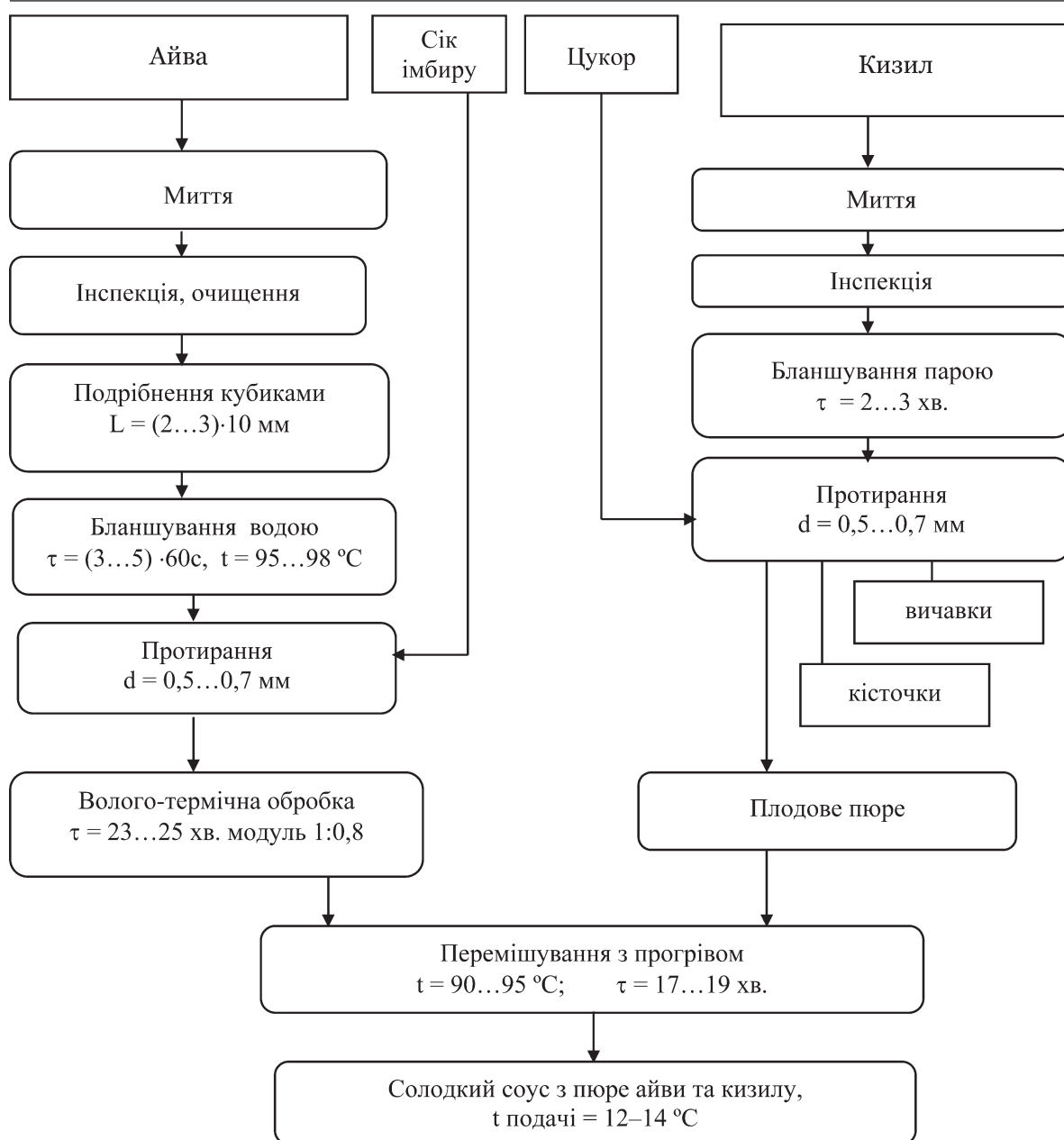
Хімічний склад соусу з пюре айви та кизилю, отриманого згідно з розробленою технологічною схемою, наведено у таблиці 1.

Отже аналіз отриманих даних, свідчить, що соус з пюре айви та кизилю відрізняється високою харчовою цінністю, коригується вуглеводний склад продукту у бік накопичення легкозасвоюваних моносахаридів. Використання кизилю у технології соусів збагачує продукт біологічно активними речовинами, встановлено зростання загального вмісту флавоноїдів становить  $914 \pm 42$  мг/100г, що робить більш цінним у харчовому та біологічному плані.

**Висновки.** Таким чином розроблена нова технологія виробництва солодких соусів з плодово-ягідної сировини — айви та кизилю. Були визначені раціональні режими обробки з метою надання плодам айви та кизилю технологічних властивостей для подальшого використання у технології солодких соусів. Доведено, що використання кизилю збагачує продукт біологічно активними речовинами.

Перспективами подальших досліджень є вивчення змін мікробіологічних показників якості в процесі зберігання солодких соусів з плодово-ягідної сировини та впровадження запропонованої технології в закладах ресторанного господарства.





**Рисунок 1** — Технологічна схема виробництва солодкого соусу з використанням пюре айви та кизилу

**Таблиця 1** — Хімічний склад солодкого соусу з пюре айви та кизилу

Найменування показника		Од. вим.	Соус з айви (контроль)	Соус з айви та кизилу
Вода		%	55,2±1,1	76,4±1,1
Білок		-//-	0,32±0,02	0,39±0,02
Жир		-//-	0,15±0,02	0,17±0,02
Вуглеводи	загальні	-//-	38,31±1,05	25,17±1,05
	моно- та дисахариди	-//-	16,3±0,5	35,7±0,5
Пектинові речовини		-//-	3,04±0,03	4,21±0,03
Органічні кислоти		-//-	0,83±0,04	0,94 ±0,04
Флавоноїди		мг/100г	97±21	914±42
Зольні речовини		%	0,30±0,02	0,30±0,02
Енергетична цінність		ккал/100г	92,6	95,4

## Список літератури

1. Карпенко П. А., Кравченко М. Ф., Федорова Д. В., Антонюк І. Ю. Фундаментальные и прикладные аспекты современных экологобиологических исследований : монографія. Одесса, 2015. 300 с.
2. Дейниченко Г. В., Юдіна Т. І., Гніцевич В. А. та ін. Інноваційні технології харчової продукції : колективна монографія. Харків : Факт, 2019. 248 с.
3. Кирильченко М. В. Розробка технології плодово-ягідних соусів з використанням соків чорної смородини та порічок червоних : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.18.15. Донецьк, 2012. 18 с.
4. Спосіб виробництва десерту «Прованс» з використанням цистозіри : пат. 119733 Україна; опубл. 15.01.2017, Бюл. № 1.
5. Спосіб виробництва гарбузового мусу «Сонячний бриз» з використанням цистозіри : пат. 128186 Україна; опубл. 17.02.2018, Бюл. № 2.
6. Спосіб виробництва гарбузового суфле «Золотавий промінь» з використанням цистозіри: пат. 128185 Україна ; опубл. 17.02.2018, Бюл. № 2.
7. Функціональний топінг (солodкий соус) «Вечірнє відновлення» для харчування спортсменів : пат. 39104 Україна МПК А 23 L 1/6. опубл. 10.05.2012, Бюл. № 7.
8. Функціональний топінг (солodкий соус) «Денна енергія» для харчування спортсменів : пат. 39105 Україна МПК А 23 L 1/6. опубл. 10.05.2012, Бюл. № 7.
9. Спосіб виробництва буякового шербету «Пурпутова крижинка» з використанням цистозіри: пат. 136649 Україна; опубл. 10.07.2019, Бюл. № 9.
10. Гніцевич В. А., Никифоров Р. П., Федотова Н. А., Кравченко Н. В. Технологія харчових продуктів із заданими властивостями на основі вторинної молочної та рослинної сировини : монографія. Донецьк : Донеччина, 2014. 337 с.
11. Хомич Г. П. Наукові основи технології переробки фруктово-ягідної дикорослої сировини : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.13 / Одеська нац. акад. харч. технологій. Одеса, 2012. 366 с.

## References

1. Karpenko, P. A., Kravchenko, M. F., Fedorova, D. V., Antonuk, I. U. (2015). *Fundamental'nye i prikladnye aspekty sovremennykh ekologobiologicheskikh issledovaniy* [Fundamental and applied aspects of modern ecological and biological research]. Odessa, 300 p.
2. Deinychenko, H. V., Yudina, T. I., Hnitsevych, V. A. & oth. (2019). *Innovacijni tekhnologii harchovoї produkcії* [Innovative technologies of food products]. Kharkiv, 248 p.
3. Kirilchenko, M. V. (2012). *Rozrobka tekhnologii plodovo-yagidnih sousiv z vikoristannyam sokiv chornoї smorodini ta porichok chervonih* [Development of technology of fruit and berry sauces with the use of black currant juices and red currants. PhD in Engineering sciences thesis], Donetsk, 18 p.
4. Antonuk, I. U (2017). *Sposib virobnictva desertu «Provans» z vikoristannyam cistoziri* [The method of making the dessert «Provence». Patent 119733], Kiev, 4 p.
5. Antonuk, I. U (2018). *Sposib virobnictva garbuzovogo musu «Sonyachnij briz» z vikoristannyam cistoziri* [The method of making the pumpkin mousse «Sleepy Breeze» with the cystosis. Patent 128186], Kiev, 6 p.
6. Medvedeva A. O. (2018). *Sposib virobnictva garbuzovogo sufle «Zolotavij promin» z vikoristannyam cistoziri* [Method of making a pumpkin dessert «Zolotaviy promin» with cystosis. Patent 128185], Kiev, 11 p.
7. Pritulska, N. V. (2012). *Funkcional'nij topping (solodkij sous) «Vechirne vidnovlennya» dlya harchuvannya sportsmeniv* [Functional topping (liquorice sauce) «Evening renewal» for the athletes. Patent 39104], Kiev, 9 p.
8. Pritulska, N. V. (2012). *Funkcional'nij topping (solodkij sous) «Denna energiya» dlya harchuvannya sportsmeniv* [Functional topping (liquorice sauce) «Day energy» for the athletes. Patent 39105], Kiev, 10 p.

9. Antonuk, I. U. (2019). *Sposib virobniactva buryakovogo sherbetu «Purpurova krizhinka» z vikoristannyam cistoziri* [Method of making a beetroot dessert «Icy snowflake» with cystosis. Patent 136649]. Kiev, 11 p.

10. Gnitsevich, V. A., Nikiforov, R. P., Fedorova, N. A., Kravchenko, N. V. (2014). *Tekhnologiya harchovih produktiv iz zadanymi vlastivostyami na osnovi vtorinnoi molochnoi ta roslinnoi sirovini* [Technology of food products from the given authorities on the basis of secondary dairy and vegetable raw materials]. Donetsk, 337 p.

11. Khomich, G. P. (2012). *Naukovi osnovi tekhnologii pererobki fruktovo-yagidnoi dikorosloi sirovini* [Scientific bases of technology for processing fruit and berry wild plant raw materials. Grand PhD in Engineering sciences thesis]. Odessa, 366 p.

**Objective.** *The purpose is a scientific substantiation of technological parameters and modes of technology of sweet quince and dogwood sauces.*

**Methods.** *An infrared analyzer was used to determine the content of cellulose, hemicellulose and pectin, and spectroscopy was used to measure the intensity of the spectrum obtained when passing through a prepared sample of short-range radiation from this spectral region.*

*The total content of phenolic compounds was determined by high performance liquid chromatography on an Agilent Technologies (model 1100), equipped with a chromatographic column «ZORBAX» SB-C18 size 2, 1x150 mm, filled with octofdecylsilyl sorbent grain size of 3,5 μm. The determination was performed with the following detection parameters: wavelength 313 nm (for phenolic acids and their derivatives), 350 nm (for flavone glycosides). Spectrum capture parameters — each peak 190...600 nm. Identification of phenolic compounds was performed by retention time of standards and spectral characteristics (and comparing them with the literature data of high-performance chromatography of berries and purees)*

**Results.** *Rational modes of processing of raw materials — quinces and dogwood fruits are determined in order to provide the prescription components with technological properties for further use in the technology of sweet sauces.*

*Crushed quince cubes are blanched with water at a temperature of 95–98 °C for (3–5)·60 s. Grinding of puree to particle size (0.5–0.7)·10<sup>-3</sup> m, the content of cellulose, hemicellulose and pectin substances in the insoluble residue decreased by 0.56 %, 1.2 %, 1.7 %, respectively.*

*Wet-heat treatment of quince in the hydraulic module 1:0.8...1:0.9, at a temperature of 98–100 °C for (23–25)·60s. The technological parameters of the technology of sweet sauces with the use of quince and dogwood fruits are substantiated.*

*The chemical composition of sauces has been studied, it has been established that the use of dogwood in the technology of sweet sauces enriches dishes with biologically active substances, leads to an increase in the total content of flavonoids.*

**Key words:** *technology, quince, dogwood, puree, sweet sauce.*

*Вітряк О. П., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*  
*Ткаченко Л. В., канд. техн. наук, ст. наук. сп.<sup>1</sup>*  
*Прибильський В. Л., д-р техн. наук, професор<sup>2</sup>*  
*Дулька О. С., канд. техн. наук, асистент<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Київський національний торговельно-економічний університет (м. Київ, Україна), e-mail: o.vitryak@knute.edu.ua, lubashev28@gmail.com.

<sup>2</sup> Національний університет харчових технологій (м. Київ, Україна), e-mail: undihp63@ukr.net, olga.ds210791@gmail.com.

### ФЕРМЕНТОВАНІ НАПОЇ В ОЗДОРОВЧОМУ ХАРЧУВАННІ

UDC 663.14.036:613.3

*Vitriak O. P., PhD in Engineering Science, Associate Professor<sup>1</sup>*  
*Tkachenko L. V., PhD in Engineering Science, Senior Research Fellow<sup>1</sup>*  
*Prybylskiy V. L., Grand PhD of Engineering Science, Professor<sup>2</sup>*  
*Dulka O. S., PhD in Engineering Science, Assistant<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Kyiv National University of Trade and Economics (Kyiv, Ukraine), e-mail: o.vitryak@knute.edu.ua, lubashev28@gmail.com.

<sup>2</sup> National University of Food Technologies (Kyiv, Ukraine), e-mail: undihp63@ukr.net, olga.ds210791@gmail.com.

### FERMENTED BEVERAGES IN HEALTHY NUTRITION

**Мета** — розробити технологію смузі на основі ферментованих напоїв, дослідити зміни хімічного складу у процесі приготування смузі, визначити органолептичні показники та проаналізувати якість готового напою.

**Методи.** У досліджуваних зразках смузі визначали вміст вітамінів В1 (тіамін) і В2 (рибофлавін) — флуориметричним методом; вітаміну С (аскорбінова кислота) — йодометричним методом. Розрахунок харчової цінності (вміст білків, жирів, вуглеводів, харчових волокон), а також вміст органічних кислот та мінеральних речовин виконано згідно таблиць довідкової літератури, в яких зазначено вміст білків, жирів, вуглеводів в 100 г істинної частини продукту (сировини). Органолептичну оцінку досліджуваних зразків смузі здійснювали за розробленою 5-бальною шкалою дегустаційною комісією у складі п'яти фахівців.

**Результати.** Розроблено технологію смузі оздоровчого спрямування на основі ферментованого напою, а саме концентрату напою комбуча. Створено модельні харчові композиції смузі, встановлено оптимальну кількість ферментованої добавки. Проведені органолептичні дослідження показали, що оптимальною кількістю ферментованого напою у складі смузі є 15 % до об'єму напою. Використання визначеної кількості концентрату комбучі дає змогу одержати смузі з найкращими органолептичними показниками: гармонійний кисло-солодкий смак та приємний післясмак. Проаналізовано хімічний склад розробленого смузі. Показано, що порівняно з контрольним зразком, за рахунок використання ферментованого напою, у розробленому смузі збільшена кількість біологічно активних речовин, а саме вітамінів В1, В2, С (у 19–43 рази), амінокислот (у т. ч. незамінних), органічних кислот (у 8 разів), а також мікроелементів (у 2–4 рази).

За результатами проведених досліджень технологію смузі на основі ферментованого напою (концентрату комбуча) можна рекомендувати до впровадження з метою розширення асортименту напоїв оздоровчого призначення.

Надійшла до редакції 20.04.2021 р. © О. П. Вітряк, Л. В. Ткаченко, В. Л. Прибильський, О. С. Дулька, 2021

**Ключові слова.** *Оздоровче харчування, смузі, ферментований напій, концентрат чайного гриба, комбуча.*

**Постановка проблеми.** Здоров'я людини в усі часи розглядалося як одне з найважливіших життєвих цінностей. «*Valetudo bonum est*» (здоров'я — найбільше багатство) — говорили ще стародавні римляни. Здоров'я людини — це і результат, і показник суспільного прогресу. На його основі визначають рівень розвитку суспільства [1]. Останнім часом поняття здоров'я все частіше замінюється новим терміном «wellness», тобто реалізація потенціалу людини, як особистості, члена сім'ї, свого суспільства і світу в цілому. Одним із принципів wellness є підтримка здоров'я людського організму за допомогою правильного здорового харчування [2]. Здорове харчування — це спосіб харчування, що забезпечує нормальний розвиток та функціонування організму людини, покращує його здоров'я та самопочуття. Сьогодні під терміном «здорове харчування» прийнято розуміти вживання корисних для людини продуктів. Важливим елементом оздоровчого харчування для підтримки оптимального гідробалансу є регулярне вживання негазованої води впродовж дня, соків та оздоровчих напоїв із натуральними компонентами.

У двадцять першому столітті серед молоді з'явилася позитивна тенденція слідкувати за своїм здоров'ям, що в першу чергу включає фізичну активність та здорове харчування. За результатами попередніх досліджень авторів було виявлено особливості харчування сучасної молоді та роль екологічно чистої продукції в раціоні. За результатами анкетних опитувань мешканців України (392 респонденти), визначено, що молодь від 20 до 30 років має чітке розуміння терміну «здорове харчування», а також власні правила прийому їжі, націлені на оздоровлення організму та підвищення власного пріоритетного ставлення до походження продуктів та їх складу, який відповідав би терміну «здорова їжа». Крім того, прослідковується зростання у молоді інтересу до якості продуктів харчування, а саме їх екологічності та біологічної цінності, а також укріплюється тенденція харчування локальними продуктами.

Перспективним є розроблення і впровадження новітніх технологій оздоровчих напоїв, вибір харчових композицій з використанням нетрадиційних добавок, використання локальної, екологічно чистої сировини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Важливе місце у оздоровчому раціоні займають функціональні напої. Це напої на основі пряно-ароматичної сировини з додаванням мінерально-вітамінних комплексів відповідно до потреб різних категорій людей (діти, спортсмени, люди літнього віку тощо). Сучасні науковці О. О. Цед, М. І. Пересічний, С. М. Неїленко, М. В. Карпутіна, Д. Д. Харгелія, Sarah Boseley, Popkin Barry, Bray George та ін. проводять чисельні дослідження для визначення потреб людського організму та оптимізації виробництва таких продуктів [3–7].

Останнім часом користуються значним попитом натуральні ферментовані напої (напої бродіння) [4, 6–11]. Ці напої є найбільш перспективними у функціональному харчуванні з точки зору медико-біологічного впливу на організм людини. Їх технологія базується на використанні рослинної сировини та мікроорганізмів визначеного складу. У процесі життєдіяльності мікроорганізмів в напої утворюється комплекс цінних та корисних для організму людини біологічно активних речовин (органічні кислоти, амінокислоти, вітаміни, ферменти). Ферментовані напої мають підвищену біологічну цінність саме завдяки природної збалансованості біологічно активних речовин, що утворилися в процесі життєдіяльності симбіотичних асоціацій мікроорганізмів. Відомий ферментований напій на основі комбучі (чайний гриб) має оздоровчі властивості та високі органолептичні показники [8, 11].

Смузі (*англ.* Smoothie, від *англ.* smooth — рівний, гладкий, однорідний, м'який) — густий напій, коктейль, мус, приготований збиванням у блендері до стану пюре натуральних інгредієнтів — свіжих або свіжозаморожених фруктів, овочів, ягід, молока, йогурту, кефіру, морозива, вершків. Такі напої є джерелом харчових волокон, органічних кислот, мінеральних сполук, поліфенолів, каротиноїдів та ін. Вони характеризуються високими смаковими якостями, зручністю у приготуванні та споживанні і користуються популярністю серед споживачів. Відомі смузі молочні, йогуртові з фруктами, ягодами, овочами тощо [12]. Доцільним є заміна соків у складі смузі на ферментовані напої з метою збагачення готових напоїв біологічно активними речовинами. Використання ферментованих напоїв дасть змогу не тільки покращити смакові якості напоїв, але й сприятиме позитивному впливу смузі на здоров'я людини.

**Мета статті** — розробити технологію смузі на основі ферментованих напоїв, дослідити зміни хімічного складу у процесі приготування смузі, визначити органолептичні показники та проаналізувати якість готового напою.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Напій комбуча давно відомий в Україні [4, 8, 10]. Вітчизняне промислове виробництво комбучі розпочалося в 2013 році з впровадження наукових розробок авторів статті та працівників науково-виробничого об'єднання «Екофарм» на виробничих потужностях у м. Болград, Одеської області [11]. Наразі відомі українські виробники напою комбуча: Kombucha Live GODZYKI, KUMA Kombucha, JIVA Комбуча, Seedsbank та ін.

Відомо, що напій комбуча має виражені метаболічні властивості, відновлює структуру клітин, що позитивно впливає на самопочуття людини. До того ж, приємний на смак напій тонізує, надає бадьорості, знімає втому, головний біль та нервову напругу. Хімічний та біологічний склад ферментованого напою комбучі робить його важливим фармакологічним об'єктом, що має тонізуючий та пробіотичний ефект. Концентрований напій комбучі має достатньо складний хімічний склад, за рахунок якого досягається лікувальний ефект напою. До його складу входять органічні кислоти, зокрема оцтова, глюконова, щавлева, лимонна, яблучна, молочна, піровиноградна, коєва; вітаміни С (аскорбінова кислота), В<sub>1</sub> (тіамін), РР (нікотинова кислота); моно- та дисахариди; ферменти каталаза, ліпаза, протеаза, зимаза, сахараза, карбогідраза, амілаза, триптичні ферменти; пігменти хлорофіл та ксантопігмент; стерини, фосфатиди, жирні кислоти; натуральний антибіотик медузин; полісахариди гіалуронова кислота, хондроїтин-сульфат, мукоїтиноссульфат; кофеїн, пуринові основи з чайного листя [6, 10]. Використання концентрату ферментованого напою комбучі є технологічно зручним та економічно вигідним. Для досліджень обрано концентрат напою комбуча десертний, виготовлений НВО «Екофарм» за ТУ У 11.0-21032903-003:2012.

За контрольний напій обрано смузі бананово-полуничний, що користується найбільшою популярністю серед споживачів та має приємні органолептичні характеристики. До рецептури контрольного смузі входила така сировина, г/100 г: пюре банану — 40, пюре полуниці — 30, соку яблучного відновленого — 30.

Органолептичну оцінку досліджуваних зразків смузі визначали за розробленою 5-бальною шкалою дегустаційною комісією у складі п'яти фахівців. Вміст вітамінів В<sub>1</sub> (тіамін) і В<sub>2</sub> (рибофлавін) визначали флуорометричним методом; вітаміну С (аскорбінова кислота) — йодометричним методом. Розрахунок харчової цінності (вміст білків, жирів, вуглеводів, харчових волокон), а також вміст органічних кислот та мінеральних речовин проведено за таблицями довідкової літератури, в яких зазначено вміст білків, жирів, вуглеводів в 100 г істинної частини продукту (сировини) [13].

Під час проведення досліджень розроблено модельні композиції смузі: до основних інгредієнтів (пюре банану та полуниці, сік яблучний відновлений) додавали кон-

центрат ферментованого комбучі у кількості від 10 до 20 % до об'єму напою. З метою визначення оптимального співвідношення інгредієнтів приготовлено дослідні зразки смузі з концентратом комбуча, здійснено їх органолептичну оцінку. Для кожного органолептичного показника визначено коефіцієнт вагомості: зовнішній вигляд — 0,3, консистенція — 0,2, колір — 0,1, запах — 0,2, смак — 0,2.

Результати органолептичної оцінки дослідних зразків смузі з концентратом комбуча порівняно з контрольним зразком наведено у табл. 1. За результатами досліджень встановлено, що найкращими органолептичними показниками характеризувався зразок (дослід 2) із додаванням концентрату комбучі у кількості 15 % до об'єму напою. Цей зразок мав найкращий гармонійний кисло-солодкий смак та приємний післясмак.

**Таблиця 1** — Органолептична оцінка контролю та модельних дослідних зразків смузі з використанням концентрату комбуча

Найменування дослідів	Органолептичні оцінки					Середня органолептична оцінка
	Коефіцієнт вагомості					
	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	
	Зовнішній вигляд	Консистенція	Колір	Запах	Смак	
Смузі «Бананово-полуничний» (контроль)	4,82	4,75	4,8	4,82	4,86	4,81
Смузі (дослід 1) 10 % концентрату комбуча	4,86	4,82	4,8	4,83	4,87	4,76
Смузі (дослід 2) 15 % концентрату комбуча	4,85	4,8	4,75	4,86	4,92	4,96
Смузі (дослід 3) 20 % концентрату комбуча	4,75	4,7	4,65	4,68	4,52	4,66

Розроблено технологію смузі оздоровчого спрямування, яка передбачає механічну кулінарну обробку та нарізання фруктів, подрібнення у блендері та змішування отриманої маси з концентратом комбучі.

Визначено хімічний склад розробленого смузі (дослід 2), яке було названо «Комбуча-полуничка», та проведено порівняння його складу з контрольним смузі (табл. 2).

**Таблиця 2** — Хімічний склад контрольного і дослідного зразків смузі ( $n = 5$ ;  $P \leq 0.05$ )

Найменування показника	Одиниці вимірювання	Смузі бананово-полуничний (контроль)	Смузі Комбуча-полуничка	Забезпечення добової потреби, %
Білок	%	0,96±0,01	0,825±0,01	0,97
Жири	%	0,64±0,02	0,235±0,02	0,23
Вуглеводи,	%	13,23±0,04	19,055±0,04	4,99
Харчові волокна	%	1,7±0,01	1,43±0,01	13,6
Органічні кислоти	мг/100 г	0,79±0,03	6,72±0,03	15,0
Натрій	мг/100 г	25,6±0,2	36,1±0,2	11,4
Калій	мг/100 г	270,9±0,5	238,3±0,5	23,0
Кальцій	мг/100 г	20,0±0,1	91,8±0,1	11,47
Магній	мг/100 г	24,9±0,1	43,47±0,1	9,2
Вітамін В <sub>1</sub>	мг/100 г	0,028±0,01	0,039±0,01	2,29
Вітамін В <sub>2</sub>	мг/100 г	0,041±0,01	1,775±0,01	8,87
Аскорбінова кислота	мг/100 г	70,5±0,02	84,15±0,02	120,21
Амінокислоти загал.	мг/100 г	-	1,77±0,01	5,3
Незамінні амінокислоти	мг/100 г	-	0,617±0,01	1,5

Дослідний зразок смузі «Комбуча-полуничка» містив більшу кількість таких біологічно активних речовин, як вітаміни, макроелементи, органічні кислоти, порівняно з контрольним зразком. Суттєво збільшилась кількість вітамінів, зокрема вітаміну В<sub>2</sub> — у 43 рази, вітаміну В<sub>1</sub> — на 39,3 %, вітаміну С — на 19,4 %. У дослідному зразку смузі визначено значну кількість амінокислот (1,77 мг/100г), в т. ч. незамінних кислот (0,617 мг/100г), що значною мірою сприяє збільшенню біологічної цінності розробленого смузі. З макроелементів найбільше зросла кількість кальцію, магнію та натрію. Вміст кальцію збільшився на 71,8 %, магнію — на 74,6 %, натрію — на 1,0 %. У 8 разів зросла кількість органічних кислот.

**Висновки.** За хімічним складом розроблений смузі «Комбуча-полуничка» на основі концентрату комбучі характеризується високими органолептичними показниками і має підвищений вміст вітамінів, амінокислот, органічних кислот та мінеральних речовин порівняно з контрольним зразком. Споживання розробленого смузі дасть змогу значно підвищити рівень забезпечення добової потреби організму людини в корисних речовинах. Розроблена технологія оздоровчого напою рекомендована для впровадження у закладах ресторанного господарства для широких верств населення. Соціальний ефект впровадження розробленого смузі полягає у розширенні асортименту напоїв оздоровчого призначення.

### Список літератури

1. Шекера О. Г., Царенко А. В. Соціально-медичні аспекти здоров'я (огляд літератури). *Здоров'я жінчини*, 2013. № 1. С. 90–93. URL : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zdzh\\_2013\\_1\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zdzh_2013_1_17).
2. Устименко Л. М. Wellness-культура як чинник формування wellness-індустрії. *Культура і мистецтво у сучасному світі*. Київ. 2020. Вип. 21. С. 182–190. URL : <https://doi.org/10.31866/2410-1915.21.2020.208253>.
3. Вітряк О. П. Технологічні аспекти використання пряно-ароматичної сировини у технології напоїв. *Проблеми екологічної біотехнології* [електронне наукове видання], 2014. № 2. С. 14–21. URL : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/peb\\_2014\\_2\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/peb_2014_2_4).
4. Технологія безалкогольних напоїв : підруч. / В. Л. Прибильський та ін. ; ред. В. Л. Прибильський. Київ : Нац. ун-т харч. техн., 2014. 310 с.
5. Boseley, Sarah (2013). Smoothies and fruit juices are a new risk to health, US scientists warn. *The Guardian*. New York. P. 25.
6. Карпутіна М. В., Харгелія Д. Д. Нешкідливі технології у виробництві безалкогольних напоїв з натуральної рослинної сировини / *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2016. Т. 22. № 6. С. 220–227. URL : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npukht\\_2016\\_22\\_6\\_28](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npukht_2016_22_6_28).
7. Пересічний М., Неїленко С. Технологія смузі радіозахисної дії / *Товари і ринки*. 2010. № 2. С. 48–55. URL : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/tovary\\_2010\\_2\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/tovary_2010_2_9).
8. Kozuyrovska, N. O., Reva, O. M., Goginyan, V. B., J.-P. de Vera (2012). Kombucha microbiome as a probiotic: a view from the perspective of post-genomics and synthetic ecology. *Biopolymers and Cell*, vol. 28, № 2, pp. 103–113.
9. Хачатрян В. Ч. Способ получения концентрата на основе культуральной жидкости чайного гриба и концентрат : пат. 2500300 С1 РФ. № RU2012135674/13А; заявл. 21.08.2012; опубл. 10.12.2013 ; RU2500300С1.
10. Вітряк О., Ткаченко Л., Прибильський В. Технологія ферментованих напоїв на основі *Medusomyces gisevii* V з пряно-ароматичною сировиною. *Товари і ринки*. 2018. № 3. С. 90–99. URL : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/tovary\\_2018\\_3\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/tovary_2018_3_11).
11. Вітряк О. П. Удосконалення технології безалкогольних напоїв бродіння з використанням нетрадиційних культур мікроорганізмів: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07 / Нац. ун-т харч. техн. Київ, 2002. 127 с.
12. Пересічний М. І. Збірник рецептур кулінарної продукції і напоїв (технологічних карт) для харчування дітей у дошкільних навчальних закладах. Київ : АртЕк, 2015. 716 с.
13. Василечко В. О., Ломницька Я. Ф., Скоробогатий Я. П., Бужанська М. В. Харчова хімія: аналіз та хімічний склад харчових продуктів. Львів : Вид-во Львів. торг.-екон. ун-ту, 2020. 306 с.



## References

1. Shekera, O. H., Tsarenko, A. V. (2013). *Sotsialno-medychni aspekty zdorovya (ohlyad literatury)* [Socio-medical aspects of health (literature review)]. *Zdorove zhenshchyny* [Women's health], no. 1, pp. 90–93.
2. Ustymenko, L. M. (2020). *Wellness-kultura yak chynnyk formuvannya wellness-industriyi* [Wellness culture as a factor in the formation of the wellness industry]. *Kultura ta mystetstvo u suchasnomu sviti* [Culture and art in the modern world], no. 21, pp. 182–190.
3. Vitryak, O. P. (2014). *Tekhnolohichni aspekty vykorystannya pryamo-aromatychnoyi syrovyny v tekhnolohiyi napoyiv* [Technological aspects of the use of spicy-aromatic raw materials in beverage technology]. *Problemy ekolohichnoyi biotekhnolohiyi* [Problems of ecological biotechnology], no. 2, pp. 14–21.
4. Prybyl'skyi, V. L. (2014). *Tekhnolohiya bezalkoholnykh napoyiv* [Technology of soft drinks]. Kyiv, Nat. un-t food. techn. Publ., 310 p.
5. Boseley, Sarah (2013). Smoothies and fruit juices are a new risk to health, US scientists warn. *The Guardian*. New York. P. 25.
6. Karputina, M. V., Kharheliya, D. D. (2016). *Neshkidlyvi tekhnolohiyi u vyrobnytstvi bezalkoholnykh napoyiv z naturalnoyi roslynnoyi syrovyny* [Harmless technologies in the production of soft drinks from natural vegetable raw materials]. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohiy* [Scientific works of the National University of Food Technologies]. Kyiv, vol. 22, no. 6, pp. 220–227.
7. Peresichnyy, M., Neilenko, S. (2010). *Tekhnolohiya smuzi radiozakhysnoyi diyi* [Technology of the smoothie of radioprotective action]. *Tovary i rynky* [Goods and markets]. no. 2, pp. 48–55.
8. Kozyrovska, N. O., Reva, O. M., Goginyan, V. B., J.-P. de Vera (2012). Kombucha microbiome as a probiotic: a view from the perspective of post-genomics and synthetic ecology. *Biopolymers and Cell*, vol. 28, № 2, pp. 103–113.
9. Khachatryan V. Ch. (2013). *Sposob poluchenyya kontsentrata na osnove kul'tural'noy zhyd-kosty chaynoho hryba y kontsentrata* [The method of obtaining a concentrate based on the culture fluid of tea fungus and concentrate]: pat. 2500300 C1, RU2012135674/13A; declared 21.08.2012; publ. 10.12.2013; RU2500300C1.
10. Vitryak, O., Tkachenko, L., Prybyl'skyi, V. (2018). *Tekhnolohiya fermentovanykh napoyiv na osnovi Medusomyces gisevii V z pryano-aromatychnoyu syrovynoyu* [Technology of fermented beverages based on *Medusomyces gisevii* V with spicy-aromatic raw materials]. *Tovary i rynky* [Goods and markets], no. 3, pp. 90–99. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/tovary\\_2018\\_3\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/tovary_2018_3_11).
11. Vitryak, O. P. (2002). *Udoskonalennya tekhnolohiyi bezalkoholnykh napoyiv brodinnya z vykorystannyam netradytsiynykh kultur mikroorhanizmiv* [Improvement of technology of soft drinks of fermentation with use of non-traditional cultures of microorganisms. PhD in Engineering sciences thesis], Kyiv, 127 p.
12. Peresichnyy, M. (2015). *Zbirnyk retseptur kulinarnoyi produktsiyi i napoyiv (tekhnolohichnykh kart) dlya kharchuvannya ditey u doshkilnykh navchalnykh zakladakh* [Collection of recipes for culinary products and beverages (technological maps) for children's nutrition in preschool educational institutions]. Kyiv, ArtEk Publ., 716 p.
13. Vasylechko, V. O., Lomnytska, YA. F., Skorobohatyy, YA. P., Buzhanska, M. V. (2020). *Kharchova khimiya: analiz ta khimichnyy sklad kharchovykh produktiv* [Food chemistry: analysis and chemical composition of food products]. Lviv, Lviv Publishing House of Trade and Economy Un-t, 306 p.

**Objective.** The aim is to develop smoothie technology based on fermented beverages, to investigate the change in chemical composition during the smoothie preparation, to determine organoleptic parameters and to analyze the quality of the finished beverage.

**Methods.** Organoleptic evaluation of the studied samples of the strip was determined on a 5-point scale developed by us and conducted by a tasting commission consisting of five specialists. The content

of vitamins  $B_1$  (thiamine) and  $B_2$  (riboflavin) was determined by fluorometric method; vitamin C (ascorbic acid) — iodometric method. The calculation of nutritional value (content of proteins, fats, carbohydrates, dietary fiber), as well as the content of organic acids and minerals was carried out according to the tables of reference literature, which indicate the content of proteins, fats, carbohydrates in 100 g of edible part of the product (raw material).

**Results.** The technology of the health-improving smoothie based on the kombucha drink concentrate has been developed. Model food compositions of beverages were created, the optimal amount of fermented additive was established. Organoleptic researches were carried out, the chemical composition of the developed strip was determined and analyzed, which made it possible to recommend the technology of the drink for implementation in order to expand the range of health drinks.

**Key words:** health food, smoothies, fermented drink, tea mushroom concentrate, kombucha.

DOI : 10.33274/2079-4827-2021-42-1-26-32

УДК 664.644.5:664.64.016

*Сімакова О. О., канд. техн. наук, доцент*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: [simakova@donnuet.edu.ua](mailto:simakova@donnuet.edu.ua).

#### ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АМАРАНТУ БАГРЯНОГО В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБІВ ІЗ ДРІЖДЖОВОГО ТІСТА

UDC 664.644.5:664.64.016

*Simakova O. O., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mykhailo Tuhan-Baranovskiy Donetsk National University of Economics and Trade, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: [simakova@donnuet.edu.ua](mailto:simakova@donnuet.edu.ua).

#### PROSPECTS FOR THE USE OF AMARANTH PURPLE IN THE TECHNOLOGY OF PRODUCTS FROM YEAST DOUGH

**Мета** — дослідження можливості використання амаранту багряного в технології виробів із дріжджового тіста.

**Методи.** Аналіз сировини з метою встановлення змісту в ній білків проводився за методом Кельдаля, жирів — за екстракційно-ваговим методом Сокслета в модифікації Рушковського, вуглеводів — поляриметричним методом Архиповича, мінеральних речовин та деяких вітамінів — фотоелектроколориметричним методом. Дослідження токсичності як борошна з насіння амаранту, так і борошна з сухого листя проводили суспензійним методом. Препарати суспензувались в апротонному розчиннику — диметилсульфоксиді (ДМСО). Для випробування були використані вегетативні і спорові тест-культури (*E. Coli* і *Vac. Serens*). Контроль здійснювали з розчинником і фізіологічним розчином. Оцінку дії препаратів здійснювали через 5; 30; 60 і 120 хв. Контакт з біоагентом методом посіву на щільні живильні середовища з наступним 24-годинним термостатуванням при температурі 37 °С. Концентрація біоагентів у дослідках була  $1,2 \times 10^8$  —  $2,7 \times 10^9$  мкг/л. Висів на щільні живильні середовища здійснювали з 4-го розведення.

**Результати.** Досліджено поступове неухильне збільшення вмісту основних вітамінів і мінералів у листі залежно від віку. Найбільш перспективним, як для подальшого вивчення, так і для подальшого застосування, представляється амарант багряний в пору зрілості у віці 5 місяців. Результати аналізу хімічного складу амаранту багряного переконують у великій перспективності останнього в якості добавки, яка покращує харчову цінність продуктів. Проведено дослідження зі зміни хімічного складу листя амаранту при висушуванні і тривалому

Надійшла до редакції 30.03.2021 р.

© О. О. Сімакова, 2021

зберіганні. М'яке висушування і зберігання отриманого борошна практично не позначається на вмісті біологічно активних речовин, за винятком вітаміну С. При висушуванні листя вітамін С руйнується, але не до кінця — достатня кількість (138,2 мг %) залишається і зберігається при тривалому зберіганні. Проведено дослідження токсичності як борошна з насіння амаранту, так і борошна з сухого листя. Отримані дані свідчать про відсутність токсичності у випробуваних препаратах у відношенні як вегетативних, так і спорових мікроорганізмів. Всі вищезазначені результати в сукупності дозволяють вважати амарант багрянний, а перш за все, борошно з сухого листя, перспективним в якості концентрованої білково-вітамінної добавки до пшеничного борошна вищого сорту.

**Ключові слова:** амарант багрянний, пшеничне борошно, борошняні вироби, добавка, дріжджове тісто.

**Постановка проблеми.** Продукти з борошна, особливо вироби з пшеничного борошна, на теперішній час складають основу харчування людини, є продуктами щоденного споживання у всіх контингентів населення. Найбільш поширеним видом борошняних виробів є вироби з дріжджового тіста, яких налічується кілька сотень найменувань [1].

У зв'язку з цим, якість і харчова цінність борошняних виробів, в тому числі виробів з дріжджового тіста, має першорядне значення. Цінність таких виробів визначається, передусім, наявністю білків, незамінних амінокислот, вітамінів, мінеральних речовин. Однак було б абсолютно неправильно оцінювати харчову цінність борошняних виробів тільки з позиції хімічного складу, не враховуючи такі властивості продукції як зовнішній вигляд, аромат, смак, пористість м'якушки виробу.

Проблема пошуку шляхів підвищення якості та харчової цінності виробів з борошна стає особливо актуальною, коли істотно скорочується споживання харчових продуктів тваринного походження — м'ясних, рибних, молочних і яєчних продуктів, тваринних жирів [2]. В цей час зростає в раціоні частка зернових продуктів, насамперед, виробів з борошна.

У цих умовах більш одноманітного харчування особливо гостро стоїть проблема підвищення якості та харчової цінності виробів з дріжджового тіста, а пошук можливих шляхів поліпшення стає особливо актуальним. Перш за все, це стосується продукції з вищих сортів пшеничного борошна, більш поширеної в повсякденному житті і кулінарній практиці, і найменш повноцінної в біологічному плані [3].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Перед фахівцями галузі стоять завдання щодо вдосконалення технології виробів з дріжджового тіста й отримання конкурентоспроможної продукції високої якості шляхом використання поліпшувачів і збагачувачів різного походження. У харчовій промисловості, зокрема хлібопекарській, поступово скорочується застосування добавок неприродного походження. Тому використання натуральних добавок з нетрадиційної рослинної сировини може сприяти збагаченню виробів необхідними для організму людини нутрієнтами, поліпшенню якості та зниженню енергетичної цінності останніх [4, 5].

Одним з найбільш перспективних видів нетрадиційної сировини, який може використовуватися для збагачення виробів з дріжджового тіста, є амарант багрянний (АБ). АБ — рослина, поширена в багатьох кліматичних поясах, за винятком районів Крайньої Півночі [6].

Порівнюючи дані хімічного складу насіння АБ з пшеничним зерном [7], можна сказати, що насіння амаранту багато в чому нагадують зерно пшениці. Однак мінеральних речовин в насінні амаранту майже вдвічі більше. В роботі [6] досліджено зміст в мінералізаті насіння амаранту багряного заліза і фосфору, як елементів, вкрай необхідних для життєдіяльності організму. Наявність цих речовин в харчових продуктах є однією з основних характеристик їх біологічної цінності. Отримані дані за змістом згаданих речовин в насінні роблять АБ винятком з усього набору злакових. Так, за вмістом фосфору (380 мг %) насіння амаранту можна поставити в ряд з горохом (329 мг %), пшоном (233 мг %), гречаною крупою (298 мг %). За вмістом заліза (19,2 мг %) насіння амаранту багряного

можна порівняти лише з плодами шипшини (28 мг %), в злакових ж заліза міститься значно менше [8].

Не менш цікаві дані отримані, вивчаючи вітамінний склад продукту. Серед вітамінів особливе місце займає вітамін А, який грає виключно важливу роль в забезпеченні багатьох життєвих функцій організму. Оскільки насіння досліджуваної рослини мають забарвлену оболонку, можна припустити наявність провітамінів А, хоча не можна виключити альтернативну причину забарвлення — вміст дубильних речовин [9]. Слід зазначити, що вміст каротиноїдів нехарактерний для злакових. Аналіз показав вміст каротиноїдів 0,19 мг % (порівняно, мг %: картопля — 0,2... 0,3; молоко — 0,5... 0,7) [6].

**Мета статті** — дослідження можливості використання амаранту багряненого в технології виробів із дріжджового тіста.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Судячи з того, що насіння АБ, багато в чому нагадують зерно пшениці, вигідно відрізняються від останньої вмістом провітамінів А і мінеральних речовин, слід звернути увагу на зелену масу амаранту. Насамперед, це стосується листя. Цілком ймовірно, що досить багатий вітамінний і мінеральний склад насіння амаранту є наслідком високої здатності його листя синтезувати згадані речовини. При виявленні багатого вітамінного складу листя можна було б з успіхом використовувати АБ у якості добавок до звичних продуктів харчування, збагачуючи їх комплексом природних біологічно активних речовин. Однак, на відміну від насіння амаранту, хімічний склад листя повинен змінюватися в залежності від віку рослини, тому треба було провести аналіз листя в динаміці й встановити оптимальний вік рослини, у якому воно найбільше багате необхідними організму біологічно активними речовинами, особливо вітамінами. Дослідження були початі з рослини, вік якої складав 1 місяць із дня сходу насін'я. У такому віці амарант досягає висоти всього 5–10 см, листя його дуже ніжне, суцвіття ще не намічені. Потім аналіз листя проводили з інтервалом у 1 місяць аж до повного дозрівання (вік 5 місяців). Дані аналізів наведені в табл. 1.

**Таблиця 1** — Вміст вітамінів і мінеральних речовин у листі АБ

№	Найменування показника	Од. вим.	Величина показника в залежності від віку, місяців				
			1	2	3	4	5
1	Вітамін С	мг %	9,7	28,8	101,2	221,5	338,2
2	Каротиноїди	мг %	2,6	4,9	7,0	8,2	8,5
3	Вітамін Е	мг %	0,4	2,8	4,5	6,9	9,5
4	Фосфор	мг %	4,7	12,8	50,1	89,7	153,8
5	Залізо	мг %	0,8	5,5	8,6	13,1	196,0

Судячи з даних табл. 1 при поступовому рості й аж до повного дозрівання рослини, спостерігається поступове неухильне збільшення вмісту основних вітамінів і мінералів у його листі, причому, якщо зміст каротиноїдів збільшується плавно, так само як вітаміну Е і заліза, то ріст концентрації як вітаміну С, так і фосфору від місяця до місяця йде наростаючими темпами, стрибкоподібно, досягаючи максимальних значень у пору зрілості. Таким чином, найбільш перспективним, як для подальшого вивчення, так і для подальшого застосування, представляється амарант багрянений в пору зрілості у віці 5 місяців. Це вигідно й економічно, оскільки дозволить при збиранні врожаю одночасно одержувати і насіння і зелену масу, причому врожай останньої в такому віці буде найбільшим.

Отримані закономірності дозволили провести більш докладний аналіз зеленої маси зрілої рослини, дані якого представлені в табл. 2.

**Таблиця 2** — Хімічний склад листя АБ у віці 5 місяців

№	Найменування показника	Од. вим.	Величина показника
1	Білок	%	5,8
2	Волога	%	81,3

## Продовження таблиці 2

№	Найменування показника	Од. вим.	Величина показника
3	Зола	%	6,0
4	Вітамін С	мг %	338,2
5	Каротиноїди	мг %	8,6
6	Вітамін Е	мг %	9,5
7	Фосфор	мг %	153,8
8	Залізо	мг %	19,5

Аналізуючи отримані дані, по-перше, слід звернути увагу на незвично високий вміст білка в листі АБ даного віку (5,8 %), що в перерахунку на суху речовину становить 31,1 %. Порівняно, %: зелень петрушки — 3,7; солодкий перець — 1,3; зелений горошок — 5,0 [10]. Це дозволяє рекомендувати збагачення вуглеводів пшеничного борошна препаратами з сухого листя амаранту багряного.

Досить велика кількість золи в листі амаранту вказує на підвищений вміст мінеральних речовин. І дійсно, фосфору і заліза в зеленій масі рослини так само багато, як і в його насінні. За вмістом фосфору і заліза амарант можна порівняти ні з одним салатним овочем (порівняно, мг %: зелень петрушки (P — 26, Fe — 0,8) [10].

Але найбільш цікаві результати стосуються знову ж таки вітамінного складу сировини. За вмістом вітаміну С (338,2 мг %) амарант поступається лише шипшині (1500... 2000 мг %) і його можна порівняти з чорною смородиною (300 мг %). Решта овочів та фруктів містять вітамін С в набагато менших кількостях. За вмістом каротиноїдів (8,6 мг %) лист амаранту найближче до моркви (9 мг %), а за вмістом вітаміну Е (9,5 мг %) взагалі не має аналогів серед рослинної сировини, за винятком зародків кукурудзи і пшениці [10].

Результати аналізу хімічного складу зерна і зеленої маси амаранту багряного переконають у великій перспективності останнього в якості добавки, яка покращує харчову цінність продуктів. Однак проти безпосереднього використання зеленої маси рослини є одне дуже серйозне заперечення, а саме, труднощі заготовки про запас і зберігання цієї сировини. У разі ж можливого використання цієї добавки в сухому вигляді цей недолік був би усунений, але для цього необхідно було провести додаткові дослідження зміни хімічного складу листя амаранту при висушуванні його і тривалому збереженні. Як відомо, із усіх досліджених біологічно активних речовин самим хитливим є вітамін С, що легко окислюється навіть при самих незначних впливах на субстрат. Вітаміни А і Е досить стійкі, не кажучи вже про білок і мінеральні речовини.

Був проведений аналіз хімічного складу подрібненого сухого листя АБ відразу ж після висушування і після збереження його протягом місяця і року в закритій ємності без доступу світла і при кімнатній температурі. Результати досліджень приведені в табл. 3.

Таблиця 3 — Хімічний склад сухого листя АБ

№	Найменування показника	Од. вим.	Величина показника			
			Розрах. теоретич.	Відразу після висуш.	Через місяць	Через рік
1	Білок	%	31,1	31,0	30,8	30,8
2	Волога	%	32,1	32,1	32,1	33,0
3	Вітамін С	мг %	1808,5	138,2	131,5	120,8
4	Каротиноїди	мг %	46,0	46,0	46,0	45,8
5	Вітамін Е	мг %	50,7	50,6	50,5	50,2
6	Фосфор	мг %	822,7	822,6	822,8	822,9
7	Залізо	мг %	104,3	104,1	104,4	104,5

Як показують отримані результати, м'яке висушування і зберігання отриманого борошна практично не позначається на вмісті біологічно активних речовин, за винятком, як цього і слід було очікувати, вітаміну С. При висушуванні листя вітамін С руйнується,

але не до кінця — достатня кількість (138,2 мг %) залишається і зберігається при тривалому зберіганні.

У результаті проведених досліджень очевидним є той факт, що АБ є найбагатшим джерелом цінних біологічно активних речовин, що і передбачалося, виходячи з історичного досвіду використання його багатьма народностями в їжу [5]. Однак, хоча цей досвід побічно і свідчить про повну нешкідливість і нетоксичність цієї рослини, необхідно підтвердження цьому.

Проведено дослідження токсичності як борошна з насіння амаранту, так і борошна з сухого листа. Випробування проводили суспензійним методом. Препарати суспензувались в апротонному розчиннику — диметилсульфоксиді (ДМСО). Для випробування були використані вегетативні і спорові тест-культури (*E. Coli* і *Vac. Serens*). Контроль здійснювали з розчинником і фізіологічним розчином. Оцінку дії препаратів здійснювали через 5; 30; 60 і 120 хв. Контакт з біоагентом методом посіву на щільні живильні середовища з наступним 24-годинним термостатуванням при температурі 37 °С. Концентрація біоагентів у дослідках була  $1,2 \times 10^8$  —  $2,7 \times 10^9$  мкг/л. Висів на щільні живильні середовища здійснювали з 4-го розведення. Результати наведені в табл. 4.

**Таблиця 4** — Дія 1 %-их суспензій препаратів АБ на вегетативну та спорову форми культур

№	Препарат	Найменування мікроорганізмів	Експозиція, хв.					Контроль
			5	10	30	60	120	
1	Борошно з насіння	<i>E. Coli</i>	+	+	+	+	+	+
		<i>Vac. Serens</i>	+	+	+	+	+	+
2	Борошно з листа	<i>E. Coli</i>	+	+	+	+	+	+
		<i>Vac. Serens</i>	+	+	+	+	+	+

Отримані дані свідчать про відсутність токсичності у випробуваних препаратів у відношенні як вегетативних, так і спорових мікроорганізмів.

**Висновки.** Всі вищезазначені результати в сукупності дозволяють вважати АБ, а перш за все, борошно з сухого листа, перспективним в якості концентрованої білково-вітамінної добавки до пшеничного борошна вищого сорту. Таким чином, для збагачення виробів з дріжджового тіста доцільно використовувати борошно з сухого листа АБ, яке є цінним джерелом вітамінів, мінеральних речовин і білків. Слід зазначити, що практично немає досліджень, спрямованих на підвищення харчової і біологічної цінності виробів з дріжджового тіста за допомогою борошна з сухого листа АБ безпосередньо в пшеничне борошно. Такий метод використання цієї нетрадиційної сировини може відкрити нові шляхи поліпшення якості та харчової цінності виробів з дріжджового тіста.

Проте недостатньо знайти добавку, яка забезпечувала б вміст найважливіших біологічно активних речовин у пшеничному борошні, тим самим підвищуючи її харчову цінність, і, отже, цінність виробів. Необхідно, щоб пропонована добавка не погіршувала споживчих якостей продукції з такого борошна. Наприклад, не вплинула на пружно-еластичні властивості клейковини, аромат і забарвлення кірки виробу. Тому, перш ніж рекомендувати багаті вітамінами, білком і мінералами добавки АБ для збагачення пшеничного борошна, необхідно детально дослідити вплив їх на хлібопекарські якості останньої.

#### Список літератури

1. Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України / Державна служба статистики України. Київ : Консультант, 2016. 54 с.
2. Коденцова В. М. Пищевые продукты, обогащенные витаминами и минеральными веществами: их роль в обеспечении организма микронутриентами. *Вопросы питания*. 2008. № 4. С. 16–26.

3. Лозова Т. М. Наукові основи формування споживних властивостей і зберігання якості борошняних кондитерських виробів : монографія / ред. І. В. Сирохман. Львів : ЛКУ, 2009. 456 с.
4. Погарская В. В. и др. Новые технологии функциональных оздоровительных продуктов : монография. Харьков, 2007. 262 с.
5. Сафонова О. М., Гавриш Т. В., Перцевий Ф. В., Панченко І. А. Спосіб одержання дріжджового тіста : Пат. 50178 Україна, МПК А 21 D 8/02 ; заявник та патентовласник Сафонова О. М., Гавриш Т. В., Перцевий Ф. В., Панченко І. А. (Україна). № 2001117630; заявл. 08.11.2011; опубл. 15.10.2012, Бюл. № 10. 2 с.
6. Simakova, O., Korenets, Yu., Yudina, T., Nazarenko, I., Goriainova, Iu. (2018). Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough. *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*, vol. 2, no. 11 (92), pp. 57–64. doi : 10.15587/1729-4061.2018.127173.
7. Сирохман І. В., Лозова Т. М. Наукові спрямування у поліпшенні споживних властивостей та якості борошняних кондитерських виробів. *Наук. праці НУХТ*. 2008. № 25. С. 40–43.
8. Павлюк Р. Ю. та ін. Активация рослинних біологічно активних речовин фізичними методами : монографія. Харків, 2010. 157 с.
9. Mykhaylov, V., Samokhvalova, O., Kucheruk, Z., Kasabova, K., Simakova, O., Goriainova, Iu., Rogovaya, A., Choni, I. (2019). Influence of microbial polysaccharides on the formation of structure of protein-free and gluten-free flour-based products. *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*, vol. 6, no. 11 (102), pp. 23–32. doi : 10.15587/1729-4061.2019.184464.
10. Korenets, Yu., Goriainova, Yu., Nykyforov, R., Nazarenko, I., Simakova, O. (2017). Substantiation of feasibility of using black chokeberry in the technology of products from short-cake dough. *Eastern European Journal of Enterprise technologies. Technology and equipment of food production*, vol. 2, no. 10 (86), pp. 25–31. doi : 10.15587/1729-4061.2017.98409.

### References

1. State Statistics Service of Ukraine (2016). *Balansy ta spozhyvannya osnovnykh produktiv kharchuvannya naseleennyam Ukrainy* [Balances and consumption of basic foodstuffs by the population of Ukraine]. Kyiv, Konsultant Publ., 54.
2. Kodencova, V. M. (2008). *Pishchevye produkty, obogashchennye vitaminami i mineral'nymi veshchestvami: ih rol' v obespechenii organizma mikronutrientami* [Foods enriched with vitamins and minerals: their role in providing the body with micronutrients]. *Voprosy pitaniya* [Nutritional issues], no. 4, pp. 16–26.
3. Lozova, T. M. (2009). *Naukovi osnovy formuvannia spozhyvnykh vlastyvostei i zberihannia yakosti boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv* [Scientific bases of formation of consumer properties and preservation of quality of flour confectionery]. Lviv, LKU Publ., 456.
4. Pogarskaya, V. V. (2007). *Novye tekhnologii funktsional'nyh ozdorovitel'nyh produktov* [New technologies of functional health products]. *Kharkiv* [Kharkiv], 262.
5. Safonova, O. M., Havrysh, T. V., Pertsevyi, F. V., Panchenko, I. A. (2012). *Sposib oderzhannia drizhdzhovoho tista* [The method of obtaining yeast dough]. Patent of Ukraine № 50178, МПК А 21 D 8/02. Appl. № 2001117630. Filed 08.11.2011. Bull. № 10, 2.
6. Simakova, O., Korenets, Yu., Yudina, T., Nazarenko, I., Goriainova, Iu. (2018). Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough. *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*, vol. 2, no. 11 (92), pp. 57–64. doi : 10.15587/1729-4061.2018.127173.
7. Syrokhman I. V., Lozova T. M. (2008). *Naukovi spriamuvannia u polipshenni spozhyvnykh vlastyvostei ta yakosti boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv* [Scientific directions in improving the consumer properties and quality of flour confectionery] *Nauk. pratsi NUKhT* [Scientific works of NUHT], no. 25, pp. 40–43.

8. Pavliuk R. Yu. (2010). *Aktyvatsiya roslynnykh biolohichno aktyvnykh rehovyn fizychnymy metodamy* [Activation of plant biologically active substances by physical methods]. Kharkiv, 157 p.

9. Mykhaylov, V., Samokhvalova, O., Kucheruk, Z., Kasabova, K., Simakova, O., Goriainova, Iu., Rogovaya, A., Choni, I. (2019). Influence of microbial polysaccharides on the formation of structure of protein-free and gluten-free flour-based products. *Eastern European Journal of Enterprise technologies: Technology and equipment of food production*, vol. 6, no. 11 (102), pp. 23–32. doi : 10.15587/1729-4061.2019.184464.

10. Korenets, Yu., Goriainova, Yu., Nykyforov, R., Nazarenko, I., Simakova, O. (2017). Substantiation of feasibility of using black chokeberry in the technology of products from short-cake dough. *Eastern European Journal of Enterprise technologies. Technology and equipment of food production*, vol. 2, no. 10 (86), pp. 25–31. doi : 10.15587/1729-4061.2017.98409.

**Objective** — research of possibility of use of purple amaranth in technology of products from yeast dough.

**Methods.** The analysis of raw materials for the purpose of establishment of the maintenance in it of proteins was carried out by Kjeldahl's method, fats — by Soxhlet's extraction-weight method in Rushkovsky's modification, carbohydrates — Arkhipovich's polarimetric method, minerals and some vitamins — photoelectrocolorimetric method. Toxicity studies of both amaranth seed flour and dried leaf flour were performed by the suspension method. The preparations were suspended in an aprotic solvent — dimethyl sulfoxide (DMSO). Vegetative and spore test cultures (*E. Coli* and *Bac. Cerens*) were used for testing. The control was performed with solvent and saline. Evaluation of the effect of drugs was carried out after 5; 30; 60 and 120 minutes Contact with the bioagent by seeding on dense nutrient media, followed by 24-hour thermostating at a temperature of 3 °C. The concentration of bio-agents in the experiments was  $1,2 \times 10^8$  —  $2,7 \times 10^9$   $\mu\text{g/l}$ . Sowing on dense nutrient media was carried out from the 4th dilution.

**Results.** A gradual steady increase in the content of essential vitamins and minerals in the leaves depending on age has been studied. The most promising, both for further study and for further use, is the purple amaranth at maturity at the age of 5 months. The results of the analysis of the chemical composition of purple amaranth prove the great prospects of the latter as an additive that improves the nutritional value of products. A study on changes in the chemical composition of amaranth leaves during drying and long-term storage. Gentle drying and storage of the obtained flour has almost no effect on the content of biologically active substances, except for vitamin C. When the leaves are dried, vitamin C is destroyed, but not completely — a sufficient amount (138,2 mg %) remains and is stored during long-term storage. Toxicity studies of both amaranth seed flour and dried leaf flour were studied. The obtained data indicate the absence of toxicity in the tested drugs against both vegetative and spore microorganisms. All the above results together allow us to consider purple amaranth, and above all, flour from dried leaves, promising as a concentrated protein-vitamin supplement to wheat flour of the highest grade.

**Key words:** purple amaranth, wheat flour, flour products, additive, yeast dough.



DOI : 10.33274/2079-4827-2021-42-1-33-39

УДК 001.894:(664.6+604.4:663.051-029:582.711.714(045)

*Горайнова Ю. А., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*

*Мороз В. О., студентка<sup>1</sup>*

*Гусак Є. Р., студентка<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: Goryaynova@donnuet.edu.ua.

### **ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ РАЦІОНІВ, ЗБАГАЧЕНИХ РЕЧОВИНАМИ ПОЛІФЕНОЛЬНОЇ ПРИРОДИ, НА МІЦНІСТЬ СТІНОК КАПІЛЯРІВ**

UDK 001.894:(664.6+604.4:663.051-029:582.711.714(045)

*Goriainova I. A., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*

*Moroz V. O., Bachelor's Degree student<sup>1</sup>*

*Husak Y. R., Bachelor's Degree student<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Mykhailo Tuhan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: Goryaynova@donnuet.edu.ua.

### **STUDY OF THE INFLUENCE OF DIETS ENRICHED WITH POLYPHENOLIC SUBSTANCES ON THE STRENGTH OF CAPILLARY WALLS**

**Мета.** Наукове обґрунтування та експериментальне підтвердження доцільності використання добавок чорноплідної горобини для поліпшення якості борошняних кондитерських виробів з пісочного тіста та дослідження впливу раціонів, збагачених біофлавоноїдами, на міцність стінок капілярів.

**Методи.** Вміст речовин, що покращують харчову і біологічну цінності готових виробів з пісочного тіста з добавками чорноплідної горобини, визначали наступними методами: білків — модифікованим методом К'ельдаля; жирів — екстракційно-ваговим методом Сохслета у модифікації Рушковського; вуглеводів — поляриметричним методом Архиповича; каротиноїдів — фотоелектроколориметричним та спектрофлюорометричним методами; фенольних речовин — титриметричним (перманганатометрія); клітковини — за залишком, що отриманий при обробці зразків розчинами кислот та лугів. Механічну міцність судинної стінки оцінювали кількісно за з'явленням петехій (мікроскопічних розривів) при дії на ділянку шкіри надмірного тиску або розрідження. Метод полягає в тому, що капіляри деякої ділянки шкіри людини піддаються дозованому тиску.

**Результати.** Експериментально доведено, що нові вироби з пісочного тіста з добавками чорноплідної горобини — печиво, тістечка та кошики з кремом, які вміщують велику кількість фенольних сполук-біофлавоноїдів, можна використовувати в раціонах харчування школярів, студентів та спортсменів, що зазнають великих розумових та фізичних навантажень — біофлавоноїди сприяють підвищенню тонуусу кровоносних судин і тим самим підвищенню фізичної і розумової працездатності. Встановлено, що вживання рослинних фенолів у складі добавок чорноплідної горобини дає певний фізіологічний та фармакологічний ефект — зменшення проникності і зростання міцності клітинних та судинно-тканинних бар'єрів за рахунок своєї Р-вітамінної активності, що виявляється у зміцненні серцевого м'яза.

**Ключові слова:** чорноплідна горобина, біофлавоноїди, раціони, кровоносні судини, петехії.

**Постановка проблеми.** Проблема підвищення харчової цінності борошняних, в тому числі і кондитерських виробів, зниження їх калорійності, подовження термінів зберігання залишається актуальною та вирішується в багатьох напрямках, серед яких особливо перспективним виглядає використання різноманітних рослинних добавок. На сьогоднішній день в раціоні харчування людини повинні бути продукти, багаті рослинними волокнами та біологічно активними речовинами, які спроможні підвищити імунітет і

Надійшла до редакції 15.03.2021 р.

© Ю. А. Горайнова, В. О. Мороз, Є. Р. Гусак, 2021

взагалі відіграють важливу фізіологічну роль. Використання нових рослинних добавок, особливо нетрадиційних фітозбагачувачів, для поліпшення якості борошняних виробів, може сприяти підвищенню харчової цінності продукту, зниженню його енергетичної цінності за рахунок зменшення в рецептурі висококалорійних компонентів.

Тому забезпечення населення України високоякісними харчовими продуктами має першочергове соціальне та політичне значення й являється пріоритетним завданням нашої держави, спрямованим на підвищення якості життя громадян.

За цих умов важливого значення набувають інноваційні технології комплексної переробки місцевої рослинної сировини, впровадження яких дозволить забезпечити більш раціональне використання сировинних ресурсів, одержати продукцію із заданими властивостями, розширити асортимент та підвищити харчову цінність розробленої продукції, сприятиме поліпшенню структури харчування населення України, в тому числі і військовослужбовців. Але, на теперішній час асортимент продукції із пшеничного борошна з заданими властивостями з використанням рослинних добавок доволі обмежений, тому необхідні нові глибокі прикладні дослідження щодо впливу добавок рослин, особливо місцевого походження, на якість готових виробів. Це дасть змогу розширити асортимент таких виробів, в деякій мірі здешевити собівартість, задовольнити потреби багатьох верств населення України, а також надати певний фізіологічний та фармакологічний ефект.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Останніми роками в нашій країні і за кордоном накопичений значний науковий і практичний досвід використання рослинної сировини у виробництві борошняних виробів. Проблемами рослинних добавок займаються такі вітчизняні вчені, як Р. Ю. Павлюк, Л. П. Малюк, Л. В. Капрельянц, О. В. Самохвалова, В. І. Дробот, М. М. Калакура тощо. Проблема підвищення харчової та біологічної цінності борошняних виробів, в тому числі і кондитерських, надання їм функціональних властивостей цікавить фахівців у багатьох галузях знання — фізіологів, технологів, біохіміків, гігієністів. З кожним роком все більше з'являється публікацій стосовно розробки нових технологій борошняних виробів функціонального профілю.

Так, Дробот В. І. з колегами вивчає вплив шроту насіння льону на якість хліба у разі включення його до рецептури [1]. Група дослідників на чолі з Калакурою М. М. обґрунтували та розробили технологію використання яблучного порошку для виробництва фруктового бісквіту, пряників та оздоблювальних напівфабрикатів [2].

Дослідники КНУКіМ вивчають можливість використання морквяного пюре та олії з насіння гарбуза в приготуванні борошняних кондитерських виробів [3]. Встановлено, що введення в технологію приготування борошняних кондитерських виробів морквяного пюре та олії з насіння гарбуза покращує поживну цінність виробів.

Вчені Харківського торговельно-економічного інституту КНТЕУ довели, що додавання до складу печива суміші харчових волокон та шроту з насіння гарбуза позитивно вплинуло на хімічний склад готового виробу, насатило його корисними і необхідними людському організму мінеральними елементами, вітамінами, харчовими волокнами [4].

Кафедрою технологій в ресторанному господарстві, готельно-ресторанної справи та підприємництва ДонНУЕТ ведуться дослідження стосовно використання в технології борошняних кондитерських виробів добавок амаранту багряного, шовковиці, пивної дробини [5, 6, 7]. Доведено, що ці добавки позитивно впливають на хлібопекарські властивості пшеничного борошна та на якість жиру в цих продуктах, покращують мінеральний склад готових виробів.

Отже, проблема підвищення харчової цінності борошняних кондитерських виробів та зниження їх калорійності, подовження термінів зберігання залишається актуальною та вирішується в багатьох напрямках, серед яких особливо перспективним виглядає використання різноманітних рослинних добавок.

**Мета статті** — наукове обґрунтування та експериментальне підтвердження доцільності використання добавок чорноплідної горобини для поліпшення якості борошняних кондитерських виробів з пісочного тіста та дослідження впливу раціонів, збагачених біофлавоноїдами, на міцність стінок капілярів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Проведені нами раніше дослідження переконливо свідчать про те, що чорноплідна горобина є дуже перспективною рослиною, яку можна використовувати для підвищення харчової і біологічної цінності борошняних виробів, в тому числі кондитерських. Знайдений в неї потужний комплекс поліфенольних речовин (біофлавоноїдів) відкриває широкі можливості для одержання борошняних кондитерських виробів функціонального характеру. Але крім детально дослідженого цього комплексу речовин чорноплідна горобина відома своїм багатим вітамінним та мінеральним складом, який детально вивчений і зустрічається в ряді літературних джерел [8, 9].

Такий досить високий вміст біологічно активних речовин як в свіжих, так і сухих плодах рослини при достатній концентрації їх в об'єкті може вагомо підвищити харчову і біологічну цінність останнього, наприклад, пшеничного борошна. Внаслідок досліджень, описаних в попередніх роботах, нами було встановлено, що обрана в концентрації 5 % до маси пшеничного борошна добавки чорноплідної горобини не тільки не погіршує його хлібопекарські властивості, а навіть поліпшує їх стосовно пісочного тіста — вміст сирової клейковини знижується, здатність її до набухання теж зменшується, а здатність до розтягування і розпливання декілька підвищується, що сприяє зростанню пластичності тістового напівфабрикату. Концентрація добавки в 5 % до маси борошна обрана нами з міркувань про таку ж саму концентрацію добавок рослинного походження, що найбільш часто зустрічається в літературних джерелах і дає найбільш позитивні результати.

Внаслідок проведених нами раніше досліджень встановлено, що добавка чорноплідної горобини (порошок або водний екстракт з сухих плодів з масовою часткою 5 %) до основних рецептурних компонентів пісочного тіста — пшеничного борошна та вершкового масла, а також до самого тіста в процесі його приготування збагачують їх комплексом корисних біологічно активних речовин, підвищують стійкість вершкового масла, а звідси й готового продукту до окислення, сприяють поліпшенню хлібопекарських властивостей пшеничного борошна та реологічних властивостей пісочного тіста, зниженню калорійності виробів з пісочного тіста. Це дозволяє передбачити можливість і доцільність використання цих добавок при створенні нових видів кондитерських виробів з пісочного тіста з підвищеною харчовою цінністю та поліпшеними споживними властивостями. Завдяки своїм унікальним фізико-хімічним властивостям добавка чорноплідної горобини змінює реологічні показники тіста і дозволяє варіювати склад традиційних рецептурних сумішей пісочного тіста у бік зменшення вмісту вершкового масла та яйцепродуктів.

Розроблені нами чотири види базових рецептур пісочного тіста, з яких виготовлені нові гатунки печива з добавками чорноплідної горобини («Рожевий захід», «Зірочка», «Гальявінка» та «Південне») [10], можуть бути основою для створення інших кондитерських виробів. Так, на базі цих рецептур нами були створені два види тістечок — «Горобинове» із вершковим кремом та «Барвисте» із фруктовим начинкою, а також кошики з білковим кремом та фруктами «Святкові».

До того ж, ці види виробів вміщують добавки, багаті на біофлавоноїди та каротиноїди, тому їх слід рекомендувати для раціонів харчування населення екологічно несприятливих регіонів з метою введення в організм речовин, спроможних блокувати вільні радикали та гальмувати розвиток ланцюгових радикальних реакцій в біомембранах клітин. Вони мають в своєму складі велику концентрацію фенольних сполук, які сприяють підвищенню тону кровеносних судин, роблять їх більш еластичними та пружними, а все це поліпшує роботу серцевого м'язу, припиняє геморагічні кровотечі, що виникають при іонізуючому опроміюванні організму. До того ж, є ще деякі види діяльності, коли зовсім здорова людина отримує місцеві крововиливи — підводні пловці (великий тиск), боксери (місцеві гематоми). Профілактичні раціони харчування з великим вмістом Р-вітаміноподібних речовин, тобто, біофлавоноїдів, в які можна включати багате на ці речовини нове печиво з добавками чорноплідної горобини, допоможуть зміцнити стінки капілярів та зменшити небезпеку отримання місцевих крововиливів.

Механічну міцність судинної стінки можна оцінити кількісно за з'явленням петехій (мікроскопічних розривів) при дії на ділянку шкіри надмірного тиску або розрідження.

Метод полягає в тому, що капіляри деякої ділянки шкіри людини піддаються дозованому тиску. Мікроскопічні крововиливи свідчать про те, що прикладений тиск досяг порогової величини. З цією метою користуються як підвищеним тиском, так і зниженим — при цьому на ділянку шкіри накладається вакуумний присосок або банка, під якими створюється дозоване розрідження.

Нами проведений експеримент, у якому брали участь десять студентів університету однакового віку та приблизно однакової ваги. Протягом місяця п'ять з них кожний день в обідньому раціоні отримували водний екстракт з плодів чорноплідної горобини з масовою часткою 5 %. Через день у кожного з 10 проводився аналіз на міцність капілярів. Для цього був використаний метод дозованого розрідження — на ділянку шкіри на спині дослідженого студента ставили медичну банку діаметром 50 мм та після її зняття підраховували кількість петехій на ділянці шкіри, яка була піддана дії вакууму. Дані експерименту наведені в табл. 1.

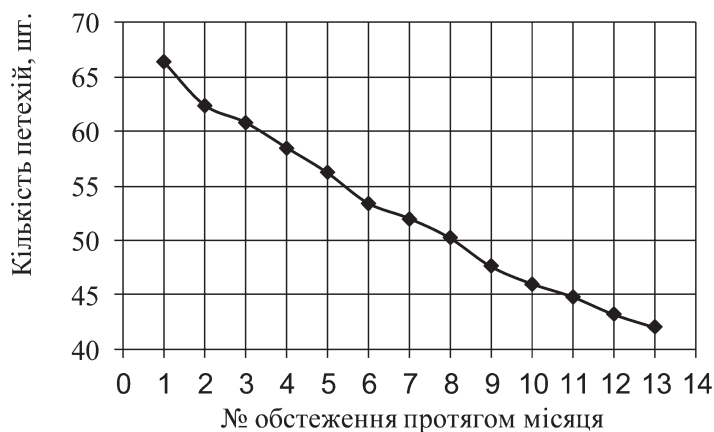
**Таблиця 1** — Змінення кількості петехій під час вживання біофлавоноїдів чорноплідної горобини в складі обіднього раціону

Кількість петехій при кожному обстеженні протягом місяця													
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Контрольна група													
1	81	80	82	80	79	82	81	79	79	80	82	82	80
2	59	60	58	58	61	59	59	60	58	58	61	59	59
3	62	62	61	63	63	61	61	62	64	64	63	63	61
4	78	78	76	79	76	77	77	79	78	78	76	76	77
5	75	75	74	75	76	76	75	75	74	74	75	75	76
Середнє	71	71	70	71	71	71	70,6	71	70,6	70,8	71,4	71	70,6
Експериментальна група													
1	61	51	50	49	48	46	45	44	43	42	42	39	38
2	82	78	76	72	70	67	65	63	60	58	56	55	54
3	75	72	68	63	59	56	54	52	51	50	49	48	48
4	58	56	55	53	52	49	48	46	42	40	39	38	36
5	56	55	55	54	52	49	48	46	42	40	38	36	34
Середнє	66,4	62,4	60,8	58,5	56,2	53,4	52,0	50,2	47,6	46,0	44,8	43,2	42,0

З даних табл. 1 видно, що кількість мікроскопічних крововиливів поступово зменшується протягом місяця у кожного учасника експериментальної групи в порівнянні із студентами контрольної групи. При цьому ефект зміцнення капілярів виявляється однаковим як для людини із слабкими їх стінками, так і з більш міцними. Динаміка зміцнення капілярів у учасників експериментальної групи залежно від строку вживання біофлавоноїдів чорноплідної горобини наведена на рис. 1.

З рис. 1 добре видно, що кількість петехій невинно зменшується майже у прямо пропорційній залежності від строку вживання концентрату біофлавоноїдів чорноплідної горобини. При цьому навіть у тих досліджуваних об'єктів, що мали більш слабкі стінки капілярів порівняно з іншими, результати після вживання скоректованих раціонів харчування вийшли майже на той же рівень, що і в об'єктів з кращим станом капілярів.

Проведений експеримент дає змогу зробити висновок, що навіть не дуже тривале, але регулярне вживання раціонів, збагачених речовинами поліфенольної природи, надає позитивну дію на міцність стінок капілярів. Це відкриває широкі можливості не тільки



**Рисунок 1** — Залежність міцності капілярів від терміну вживання біофлавоноїдівчорноплідної горобини

для лікування геморагічного синдрому, але й для профілактики кровотечі, яка може бути спровокована у здорової людини в екстремальних умовах.

Унікальні властивості нових виробів з пісочного тіста роблять їх перспективними для використання у складі шкільних сніданків як солодкі страви. Спроможність поліфенольних сполук у складі виробів з пісочного тіста з добавками чорноплідної горобини зв'язувати катіони важких металів робить ці вироби незамінним компонентом їжі, що сприяє детоксикації шлунково-кишкового тракту і всього організму загалом, а це особливо важливо у несприятливих екологічних умовах багатьох регіонів України, в тому числі і Кривого Рогу.

**Висновки.** Нові вироби з пісочного тіста — печиво, тістечка та кошики з кремом, які вміщують велику кількість фенольних сполук-біофлавоноїдів, можна використовувати в раціонах харчування школярів, студентів та спортсменів, що зазнають великих розумових та фізичних навантажень — біофлавоноїди сприяють підвищенню тонуусу кровоносних судин і тим самим підвищенню фізичної і розумової працездатності.

Проведені експериментальні дослідження дозволяють зробити висновок, що вживання рослинних фенолів у складі ДЧГ дає певний фізіологічний та фармакологічний ефект — зменшення проникності і зростання міцності клітинних та судинно-тканинних бар'єрів за рахунок своєї Р-вітамінної активності, що виявляється у зміцненні серцевого м'яза.

#### Список літератури

1. Дробот В., Іжевська О., Бондаренко Ю. Шрот насіння льону в технології хлібобулочних виробів. *Харчова наука і технологія*. 2016. 10 (3). С. 76–81. doi.org/10.15673/fst.v10i3.183.
2. Калакура М. М., Ратушенко А. Т., Бублик Г. А. Оптимізація якості кондитерських виробів із використанням яблучного порошку. *Технологический аудит и резервы производства*. 2016. № 3/3 (29). С. 12–17. doi : 10.15587/2312-8372.2016.70976.
3. Завадинська О. Ю. Технологія борошняних кондитерських виробів оздоровчого призначення. *Траектория науки. Раздел «Производство и технологии»*. 2016. № 4 (9). С. 3.1–3.5. ISSN 2413-9009.
4. Бачинська Я. Використання нетрадиційної сировини при виробництві борошняних кондитерських виробів як прогресивний напрямок створення продуктів підвищеної біологічної цінності. *Траектория науки. Раздел «Производство и технологии»*. 2017. Т. 3, № 2. С. 7.1–7.10. doi: 10.22178/pos. 19–11.
5. Simakova, O., Korenets, Yu., Yudina, T., Nazarenko, I., Goriainova, Iu. (2018). Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 2, issue 11 (92), pp. 57–64. doi :10.15587/1729-4061.2018.127173.

6. Горяйнова Ю. А., Сімакова О. О., Кучма А. Ю., Мороз В. О. Технологія виробів із пшеничного борошна лікувально-профілактичного призначення із використанням шовковиці. *Обладнання та технології харчових виробництв*, 2020. Вип. 2 (41). С. 12–18.
7. Сімакова О. О., Никифоров Р. П. Розробка новітніх технологій виробів з борошна з заданими властивостями: монографія. Кривий Ріг: ДонНУЕТ. 2018. 146 с.
8. Павлоцька Л. Ф., Дуденко Н. В., Цихановська І. В., Лазарева Т. А., Александров О. В., Коваленко В. О., Скуріхіна Л. А., Євлаш В. В. Нутриціологія. Харків: УІПА, 2012. 371 с.
9. Korenets, Y., Goriainova, I., Nykyforov, R., Nazarenko, I., Simakova, O. (2017). Substantiation of feasibility of using black chokeberry in the technology of products from shortcake dough. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 2, issue 10 (86), pp. 25–31. doi : 10.15587/1729-4061.2017.98409.
10. Горяйнова Ю. А. Розробка технології борошняних виробів з добавками чорноплідної горобини. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2016. Вип. 2. С. 22–30.

### References

1. Drobot, V., Izhevskaya, O., Bondarenko, Yu. (2016). *Shrot nasinnya lonu v tehnologii hlsbobulochnih virobiv* [Flax seed meal in the technology of bakery products]. *Kharchova nauka ta tekhnolohiya* [Food Science and Technology], no. 10 (3), pp. 76–81. doi. org/10.15673/fst.v10i3.183.
2. Kalakura, M. M., Ratushenko, A. T., Bublik, G. A. (2016). *Optimizatsiya yakosti konditerskih virobiv iz vikoristannyam yabluchnogo poroshku* [Optimization of qualities of confectionery with the use of apple powder]. *Tehnologicheskyy audit i rezervyyi proizvodstva* [Technological audit and production reserves], no. 3/3 (29), pp. 12–17. doi : 10.15587/2312-8372.2016.70976.
3. Zavadynska, O. Yu. (2016). *Tekhnolohiia boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv ozdorovchoho pryznachennia* [Flour confectionery technology for health purposes] *Traektoriya nauky www.pathofscience.org. Elektronnyi nauchnyi zhurnal* [Science Trajectory www.pathofscience.org], *razdel «Proyzvodstvo y tekhnolohyy»* [Production and Technology Section], no. 4 (9), pp. 3.1–3.5. ISSN 2413-9009.
4. Bachynska, Ya. (2017). *Vykorystannia netradytsiinoi syrovyny pry vyrobnytstvi boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv yak prohresyvnyi napriamok stvorennia produktiv pidvyshchenoi biolohichnoi tsinnosti* [The use of unconventional raw materials in the production of flour confectionery as a progressive direction of creation of products of high biological value]. *Traektoriya nauky www.pathofscience.org. [Science Trajectory www.pathofscience.org], razdel «Tekhnika»* [Section «Technics»], vol. 3, 2, pp. 7.1–7.10. doi : 10.22178/pos.19-11.
5. Simakova, O., Korenets, Yu., Yudina, T., Nazarenko, I., Goriainova, Iu. (2018). Examining a possibility of using purple amaranth in the technology for products made of yeast dough. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 2, issue 11 (92), pp. 57–64. doi :10.15587/1729-4061.2018.127173.
6. Goryaynova, Yu. A., Simakova, O. O., Kuchma, A. Yu., Moroz, V. O. (2020). *Tehnologiya virobiv iz pshenichnogo boroshna likuvalno-profilaktichnogo pryznachennya iz vikoristannyam shovkovitsi* [Technology of products from wheat flour of medical and preventive appointment with use of mulberry]. *Obladnannya ta tekhnologii kharchovikh virobnitstv* [Equipment and technology of food production], issue 2 (41), pp. 12–18.
7. Simakova, O. O., Nykyforov, R. P. (2018). *Rozrobka novitnikh tekhnolohii vyrobiv z boroshna s zadanyimi vlastyvostyami* [Development of the newest technologies of products from flour with the set properties]. *Kryvyi Rih, DonNUET Publ.*, 146 p.
8. Pavlotska, L. F., Dudenko, N. V., Tsihanovska, I. V., Lazareva, T. A., Aleksandrov, O. V., Kovalenko, V. O., Skurihina, L. A., Evlash, V. V. (2012). *NutritsIologIya. Chastina I. Zagalna nutritsIologIya. Navchalnyi posibnik* [Nutrition. Part 1. General nutrition. Tutorial]. *Kharkiv, UIPA Publ.*, 371 p.
9. Korenets, Y., Goriainova, I., Nykyforov, R., Nazarenko, I., Simakova, O. (2017). Substantiation of feasibility of using black chokeberry in the technology of products from shortcake dough. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 2, issue 10 (86), pp. 25–31. doi : 10.15587/1729-4061.2017.98409.

10. Goryaynova, Yu. A. (2016). *Rozrobka tehnologiyi boroshnyanih virobiv z dobavkami chor-noplidnoi gorobini* [Development of technology of flour products with chokeberry additives]. *Obladnannya ta tekhnologii kharchovikh virobniitstv* [Equipment and technology of food production], issue 2, pp. 22–30.

**Purpose.** *Scientific substantiation and experimental confirmation of expediency of use of chokeberry additives for improvement of quality of flour confectionery from shortcrust pastry and research of influence of the rations enriched with bioflavonoids on durability of walls of capillaries.*

**Methods.** *The content of substances that improve the nutritional and biological value of finished products from shortcrust pastry with the addition of chokeberry, was determined by the following methods: proteins — a modified method of Kjeldahl; fats — by Soxhlet extraction-weight method in Rushkovsky's modification; carbohydrates — Arkhipovich's polarimetric method; carotenoids — photoelectrocolorimetric and spectrofluorometric methods; phenolic substances — titrimetric (permanganometry); fiber — the residue obtained by processing samples with solutions of acids and alkalis. The mechanical strength of the vascular wall was quantified by the appearance of petechiae (microscopic tears) under the action of excessive pressure or vacuum on the skin. The method is that the capillaries of some area of human skin are subjected to metered pressure.*

**Results.** *It has been experimentally proven that new shortcrust pastry products with chokeberry additives — cookies, cakes and baskets with cream, which contain a large number of phenolic compounds-bioflavonoids, can be used in the diets of schoolchildren, students and athletes with high mental and physical loads bioflavonoids help to increase the tone of blood vessels and thus increase physical and mental performance. The use of plant phenols in chokeberry supplements has been shown to have a physiological and pharmacological effect — a decrease in permeability and an increase in the strength of cellular and vascular barriers due to its P-vitamin activity, which is manifested in strengthening the heart muscle.*

**Key words:** *chokeberry, bioflavonoids, rations, blood vessels, petechiae.*

DOI : 10.33274/2079-4827-2021-42-1-39-46

УДК 664.5:664.82

*Слащева А. В., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*

*Боднарчук О. А., асистент<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: slashcheva@donnuet.edu.ua.

### ТЕХНОЛОГІЯ НАПІВФАБРИКАТУ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВИРОБІВ З ПОСІЧЕНОЇ РИБНОЇ МАСИ

UDC 664.5:664.87

*Slashcheva A. V., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*

*Bodnaruk O. A., Assistant Professor<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Mykhailo Tuhon-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade, Kriviy Rih, Ukraine, e-mail: slashcheva@donnuet.edu.ua.

### SEMI-FINISHED TECHNOLOGY FOR FUNCTIONAL CUT FISH PRODUCTS

**Meta** — *теоретичне обґрунтування і експериментальна розробка нового рослинного напівфабрикату як функціонального наповнювача для рибних посічених виробів.*

**Методу.** *У роботі використано стандартні загальноприйняті та спеціальні методи досліджень, які забезпечили виконання поставлених завдань. Відбір проб і підготовку їх до*

дослідження здійснювали за ДСТУ ISO 6498:2006. Практичне відпрацювання рецептури та технології здійснювали в умовах технологічної лабораторії ДонНУЕТ.

**Результати.** Визначено актуальність та шляхи збагачення рибних посічених мас функціональними інгредієнтами. Обґрунтовано способи введення пребіотику лактулози у рослинні функціональні напівфабрикати. Розроблено і обґрунтовано принципову технологічну схему функціонально рослинного напівфабрикату (волого-термічну обробку попередньо подрібненого кубиками топінамбура перед протиранням проводять за температури  $t = 98-100$  °С та гідромодуля 1:0,8–1:0,9 протягом 20–25 хв.; гарбуз бланшують парою, потім протирають; лактулозу вводять без попередньої обробки; напівфабрикат прогрівають за температури 87–95 °С протягом 18–20 хв., потім фасують у стерилізовані скляні банки та спрямовують на реалізацію або зберігання) Визначено раціональне співвідношення компонентів в напівфабрикаті (пюре топінамбура 70 %, пюре гарбуза 29 %, лактулоза 1 %). Визначено вплив добавки на якість посічених рибних мас та визначено оптимальну кількість напівфабрикату в рибній котлетній масі Визначено споживчі характеристики рослинного напівфабрикату й основні напрямки використання у виробництві кулінарної продукції; розроблено рецептури і технології січених рибних виробів на основі напівфабрикату. Проведені дослідження свідчать про високу якість розробленого напівфабрикату, що дає змогу рекомендувати його для використання у виробництві широкого асортименту кулінарної продукції з рибної посіченої маси.

**Ключові слова:** дисбактеріоз, пребіотики, лактулоза, топінамбур, гарбуз, рослинний напівфабрикат, рибні посічені вироби.

**Постановка проблеми.** У останнє десятиріччя в Україні, зважаючи на зростання чисельності хронічних захворювань і встановлення їх причинного зв'язку з незбалансованим харчуванням [1], функціональні продукти харчування, які містять у своєму складі пребіотики, розглядаються як ефективний засіб підтримки здоров'я організму і зниження ризику виникнення багатьох захворювань [2], особливо дизбактеріозу. Виробництво функціональних продуктів харчування з використанням пребіотиків забезпечує поліпшення структури харчування і здоров'я населення України, дозволяє розширити і удосконалити асортимент продукції підприємств ресторанного господарства та харчової промисловості [3].

Значний об'єм теоретичних і практичних досліджень по вивченню, вдосконаленню, розробленню та виробництву нових функціональних продуктів харчування виконано і відображено в наукових працях провідних учених України і країн близького та дальнього зарубіжжя: Г. І. Касьянова, М. І. Пересічного, Л. В. Капрельянца, К. Г. Іоргачевої, А. П. Левицького, М. Г. Гапарова, А. Ф. Дороніна, F. Bellisle, A. T. Diplock, G. Hornstra, P. M. Verschuren та інших учених.

На вітчизняному ринку у якості напівфабрикатів для виготовлення харчової продукції пропонується безліч концентратів у вигляді пюре та екстрактів, які містять пребіотики. Використання їх у складі посічених продуктів забезпечує раціональну переробку і максимальне використання наявних рослинних ресурсів, надає продукції високої якості за органолептичними та функціонально-технологічними характеристиками із заданими властивостями, різним цільовим призначенням та зниженню собівартості продукції і відпускної ціни. При виробництві продукції ресторанного господарства та харчової промисловості використання пюреподібних напівфабрикатів, виготовлених з рослинної сировини, які містять у своєму складі пребіотики, досить обмежене. Тому особливого значення при розробленні новітніх технологій функціональних продуктів харчування набуває проблема підвищення ефективності застосування рослинних пюреподібних напівфабрикатів, які містять пребіотики та використання їх у складі таких продуктів з посіченої рибної маси.

Враховуючи вищевикладене, наукове обґрунтування та розроблення технології напівфабрикату з рослинної сировини для посіченої рибної маси є перспективним та актуальним завданням, що дозволить розширити асортимент продукції ресторанного господарства та харчової промисловості, підвищити харчову та біологічну цінність продукції, вплинути на зміни функціонально-технологічних показників, забезпечити високий рі-



вень безпеки цієї продукції, профілактику гострих, хронічних захворювань та покращити здоров'я людини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз літературних джерел виявив, що за даними лікарів-гастроентерологів більше 90 % наших співвітчизників в тому або іншому ступені страждають дисбактеріозом [4]. Дизбактеріоз — це порушення балансу між різними видами мікроорганізмів кишечника, яке є причиною цілого ряду тяжких захворювань [5]. При дизбактеріозі: йде активний розвиток патогенної мікрофлори, починають погано засвоюватися багато поживних речовин, в тому числі вітаміни і мінерали, порушується детоксикація токсичних метаболітів, що значно збільшує навантаження на печінку, погіршується синтез і постачання організму вітамінів (В<sub>12</sub>, пантотенової кислоти і ін.) [6], знижується противірусний захист [7], послабляється протипухлинний нагляд [8], порушується місцевий імунітет [9]. Все це веде до збою в роботі практично всіх органів людини і, як наслідок, до ослаблення здоров'я та розвитку різних захворювань.

Теорія функціонального харчування вимагає нового підходу до розробки технологій функціональних продуктів, в основі якого лежать професійні знання нутрієнтології [1, 3]. Обґрунтування і створення продуктів, що містять функціонально взаємозалежні один з одним інгредієнти різної природи і побудови, повинні спиратися на достовірні факти про їхній функціональний вплив (з урахуванням синергетичної і комплексної дії) на метаболічні і регуляторні функції організму.

Серед різноманіття продуктів масового споживання (як об'єктів збагачення) особливий інтерес вчених викликають січені рибні маси, технології яких дозволяють вводити до їх складу рослинні добавки [12]. Це дає можливість розширити асортимент січених виробів та надати їм статус функціональних продуктів.

Останніми роками все більшу увагу технологів привертає нетрадиційна рослинна сировина, яскравим представником якої є топінамбур. Завдяки набору біологічно активних речовин він володіє різними видами біологічної активності, які відносять до функціональних. Бульби топінамбура містять пребіотик інулін (10–12 % на суху масу), тому топінамбур вважають цінним компонентом дієтичного і лікувального харчування. Специфіка зберігання і механічної обробки топінамбура викликає деякі труднощі, тому використання його в підприємствах ресторанного господарства дуже обмежене. У зв'язку з цим виникає необхідність промислової переробки топінамбура і виробництва напівфабрикатів, технології яких дозволяють максимально зберегти природні біологічно активні речовини. Гарбуз також є цінною харчовою сировиною — джерелом каротиноїдів, пектину, клітковини та інших функціональних інгредієнтів, проте, його використання в підприємствах харчування дуже обмежене.

В основу досліджень покладено ідею створення напівфабрикату на основі топінамбура і гарбуза з лактулозою, який одночасно може виступати в технологіях посічених рибних виробів як технологічна добавка (водозв'язувальний компонент) та як джерело функціональних інгредієнтів.

Виконані дослідження, спрямовані на підвищення харчової та біологічної цінності рибних посічених виробів, а також раціональне використання сировинних ресурсів, є актуальними, своєчасними та знаходяться в руслі державної політики України в області здорового харчування населення.

**Мета статті** — теоретичне обґрунтування і експериментальна розробка нового рослинного напівфабрикату як функціонального наповнювача для рибних посічених виробів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Аналіз структури захворювань населення у сучасних умовах інтенсивного технічного забруднення навколишнього середовища свідчить про назрілу необхідність збагачувати продукти масового споживання добавками, які мають виражену пребіотичну дію. На мові нутриціологів, пребіотики — це неперетравлювані компоненти їжі, які вибірково стимулюють зростання і/або активність захисної мікрофлори кишечника людини і поліпшують тим самим його здоров'я. За висновком американських учених, пребіотики — одне з найбільш важливих досягнень у області харчування і мікроекології кишечника в ХХ столітті. До пребіотиків [7], в основному, відносять різновид харчових волокон, які не розщеплюються у верхніх відділах шлунково-кишкового тракту через від-

сутність в ньому специфічних ензимів. Але вони є енергетичним субстратом для мешкаючих у кишечнику представників нормальної мікрофлори — біфідобактерій і лактобацил, які якраз володіють специфічними ферментами для їх гідролізу. Патогенні ж мікроорганізми сімейства кишкових паличок, клостридії й інші кишкові мікроорганізми не здатні утилізувати їх. Тому надходження їжею пребіотичних волокон активує вибірково не всі кишкові мікроорганізми, а тільки ті, які грають в ньому корисну роль — пробіотики. Відповідно, модифікація мікрофлори за рахунок специфічного посилення зростання біфідобактерій і лактобацил приводить до нормалізації її порушеного балансу [10].

Додавання пребіотиків в продукти харчування сприяє: поліпшенню виживання пробіотиків в збагачених ними продуктах і біологічно активних добавках до їжі; збільшенню кількості бактерій-пробіотиків, що досягають товстого кишечника в життєздатній формі; стимуляції зростання і функціональної активності пробіотиків як тих, що є у продуктах, так і власних, що населяють кишечник господаря. Таким чином, пребіотичні волокна проявляють безліч позитивних ефектів на організм, які в цілому сприяють здоров'ю і характеризують їх як біологічно активні субстанції. Це повною мірою дає підставу включати пребіотики в певних концентраціях в деякі продукти харчування, що дає можливість прогнозувати їх функціональні властивості. Безумовно, це непросте завдання оскільки промисловий випуск пребіотиків знаходиться поки у стадії становлення і досить складно підібрати добавку, яка не тільки не змінювала але покращувала б смак продуктів, що збагачуються.

Серед численної кількості пребіотиків перерахованим вище вимогам повною мірою відповідає лактулоза. Численні дослідження лактулози довели її лікувальні і профілактичні властивості, що стимулювало впровадження лактулози як у фармацевтичну, так і в харчову промисловість. У всьому світі лактулоза використовується в двох якостях: як ліки — для лікування хронічних запорів і портальної енцефалопатії, та як харчова добавка у виробництві функціональних продуктів харчування. Лактулоза, як дисахарид, знаходиться поза конкуренцією перед іншими пребіотиками (галакто- і фруктосахаридами, інуліном, хітозаном і ін.), які є високомолекулярними полімерами. Швидкість бактерійної ферментації дисахариду лактулози тобто її засвоюваність кисломолочними бактеріями і мінімальна енерговитратність цієї ферментації, забезпечують швидке зростання нормофлори кишечника і, отже, високу терапевтичну і профілактичну ефективність продуктів збагачених мінімальною кількістю лактулози. Підраховано, що 1 г лактулози забезпечує той же біфідогенний ефект, що і 7–10 г інших пребіотиків. Медико-біологічні властивості лактулози: ефективна при лікуванні дизбактеріозів кишечника; рекомендується при захворюваннях печінки різної етіології; пригнічує патогенну мікрофлору, захищає від інфекцій; забезпечує нормальне протікання вагітності; запобігає негативному впливу антибіотикотерапії; запобігає передчасне випадіння та захворювання волосся; показана при лікувальному голодуванні, очищенні кишечника та процедурах омолодження організму; стимулює засвоєння мінеральних речовин; активізує імунітет та синтез біологічно активних речовин [11].

У фундамент наших досліджень щодо використання лактулози в технології напівфабрикату для посічених виробів покладено дві важливі властивості лактулози. Перша — здатність лактулози забезпечувати високу біфідогенність при низьких дозуваннях. Друга — її технологічність, а саме: відсутність впливу добавки на реологічні властивості рибних фаршів та зручність використання в технологічному процесі. В літературі не знайдено відомостей щодо створення рибних січених продуктів з використанням лактулози, тому дослідження в даному напрямку, викладені в даній науковій роботі, є перспективними і актуальними.

З давніх-давен гарбуз вважають цілющим. Гарбуз містить цінний природний вітамінно-мінеральний комплекс. Чемпіоном серед вітамінів, що містить гарбуз, є каротиноїди: в його помаранчевих сортах  $\beta$ -каротину міститься в декілька разів більше, ніж у моркві. Крім того, гарбуз багатий на вітаміни С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, Е, а також на кальцій, калій, залізо, магній, мідь, цинк, кобальт, кремній, фтор. Гарбуз — дієтичний овоч: внаслідок низького вмісту клітковини та органічних кислот його можна вживати в їжу навіть при запальних захворюваннях шлунку та кишечника. Гарбуз корисний при залізодефіцитній анемії, тому що міс-

тять комплекс мінеральних речовин, що приймають участь у кровотворенні (залізо, мідь, кобальт, цинк). М'якоть гарбуза, багата на пектинові речовини, покращує функцію кишечника при запорах, підсилює виведення хлоридів з організму, підвищує діурез, не викликаючи роздратування ниркової тканини. Гарбуз — низькокалорійний продукт, тому його можна включати до меню при надлишковій вазі. Гарбуз використовують для приготування не тільки каш та солодких страв, але і січених м'ясних та рибних виробів. Проте, даних про використання гарбуза в комбінації з топінамбуром та лактулозою в літературі не знайдено.

Велику увагу медиків і технологів-харчовиків привертає така нетрадиційна сировина, як топінамбур. Топінамбур, чи земляна груша, є бульбовою рослиною сімейства складноквіткових (Compositae) і належить до роду *Helianthus*; його латинська назва *Helianthus tuberosus*. Завдяки наявності фруктози, інуліну, пектинових речовин, фенольних сполук, цінного мінерального і вітамінного складу топінамбур є цінною сировиною для харчової промисловості. Інουλін як запасний полісахарид міститься в бульбах рослин родини складноквіткових: у коренях цикорію (близько 10 %), артишоках (близько 9 %), жоржинах, а також бульбах топінамбура (в окремих сортах до 18 % в перерахунку на сухі речовини). Найбільш цінною властивістю інуліну вважається його здатність розщеплюватися в організмі людини з утворенням фруктози, яка солодша за цукор, однак менш калорійна, а, головне, при засвоєнні організмом не стимулює секрецію інсуліну і не приводить до зносу підшлункової залози. Крім того, інулін відомий як біогенний фактор, що сприяє росту природної мікрофлори кишечника при різних захворюваннях, пов'язаних з дизбактеріозами. Використання інуліну в лікувальній практиці сприяє нормалізації діяльності кишечника (усунення засікши) і зниженню вмісту ліпідів і холестерину в крові. Завдяки наявності перерахованих вище медико-біологічних властивостей топінамбур може бути віднесений до функціональних компонентів. Тому традиційні продукти, додатково збагачені топінамбуром (функціональним інгредієнтом), також можуть бути віднесені до функціональних за умовою використання шадних технологічних параметрів.

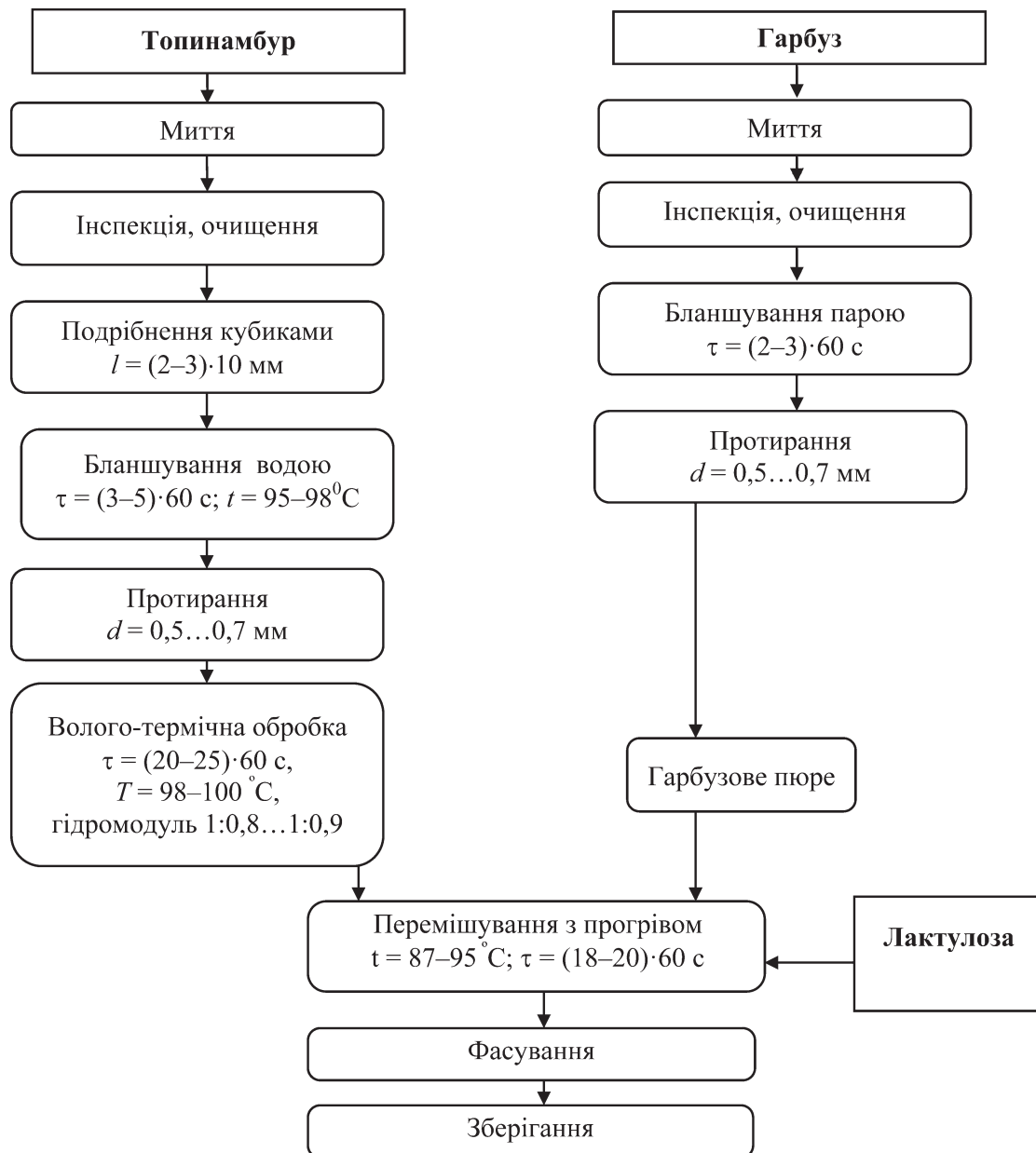
На основі серії попередніх досліджень і з урахуванням даних, що є в науково-технічній літературі [4, 5], була розроблена принципова технологічна схема виробництва напівфабрикату, представлена на рис. 1.

Результати досліджень свідчать, що при загальній тенденції процесів, які відбуваються під час обробки бульбоплодів, властивості отриманих систем за деякими показниками відрізняються. Це було враховано під час створення рецептур напівфабрикату та технологічних рекомендацій щодо його виробництва та використання в технологіях виробів з посіченої рибної маси. Норми витрати сировини для виробництва напівфабрикату приведені в табл. 1.

**Таблиця 1** — Норми витрати сировини для виробництва 100 кг напівфабрикату

Найменування сировини	Розрахункові норми закладки сировини, кг	Втрати та відходи, %		Норми витрати сировини на 100 кг готової продукції, кг
		При первинній обробці, бланшуванні протиранні	При змішуванні, фасуванні	
Топінамбур	70	25	5	91,0
Гарбуз	29	30	5	40,5
Лактулоза	1	-	-	1
Вихід	100	—	—	—

Результати проведених експериментів показали, що використання пюре гарбуза в технології виробництва напівфабрикату на основі топінамбура надає йому певного забарвлення, тобто пюре можливо розглядати як джерело натуральних барвників — каротиноїдів. Доцільним також є використання гарбузу як сировини зі стійким барвним ефектом для одержання напівфабрикату з підвищеним вмістом біологічно активних речовин.



**Рисунок 1** — Технологічна схема напівфабрикату рослинного для посічених рибних виробів

**Висновки.** Таким чином, розроблено і обґрунтовано принципову технологічну схему напівфабрикату, визначено раціональне співвідношення компонентів в напівфабрикаті (топінамбур 70 %, гарбуз 29 %, лактулоза 1 %); визначено його споживчі характеристики і основні напрямки використання у виробництві кулінарної продукції; розроблено рецептури і технології січених рибних виробів на основі напівфабрикату. Проведені дослідження свідчать про високу якість розробленого напівфабрикату, що дає змогу рекомендувати його для використання у виробництві широкого асортименту фаршевої кулінарної продукції. Продукти з використанням розробленого напівфабрикату особливо доцільно включати до харчових раціонів дітей та підлітків, тобто постачати в їдальні шкіл, дитячих садків і будинків тощо, а також рекомендовано для геродієтичного харчування.

#### Список літератури

1. Verschuren P. M. Functional Foods: Scientific and Global Perspectives (Summary Report). *British journal of nutrition*. 2012. Vol. 88. № 2. P. 125–130.
2. Bellisle F., Diplock A., Gornstra G. Functional Food Science in Europe. *British journal of nutrition*. 2008. Vol. 80, № 1. P. 181–193.

3. Milner J. A. Functional foods and health: a US perspective. *British journal of nutrition*. 2012. Vol. 88, № 2. P. 151–158.
4. Edlund C., Nord C. Effect on the human normal microflora of oral antibiotics for treatment of urinary tract infection. *J. Antimicrob. Chemoter.* 2009. Vol. 46. № 1. P.31–42.
5. Sullivan A., Edlund C., Nord C. Effect of antimicrobial agents on the ecological balance of human microflora. *Lancet. Infection diseases*. 2011. Vol. 1. № 2. P.101–114.
6. McFarland L. V. Risk factor for antibiotic-associated diarrhea. *Ann. Med. Intern.* 2008. Vol. 149. № 5. P.261–266.
7. Fanaro S., Chierici R., Guerrini P., Vigi V. Intestinal microflora in early infancy: composition and development. *Acta Paediatrica*. 2013. Vol. 91. № 2. P.48–55.
8. Benno Y., Sawada K., Mitsuoka T. Intestinal microflora of infants: composition of fecal flora in breast-fed and bottle-fed infants. *Microbiology and immunology*. 2014. Vol. 28. №9. P. 975–986.
9. Gibson G., Robertfroid M. Dietary modulation of colonic microbiota: introduction of concept of prebiotics. *Nutritional science*. 2015. Vol. 125. P.1401–1412.
10. Румянцев В. Г. Дисбактериоз кишечника: клиническое значение и принципы лечения. *Российский гастроэнтерологический журнал*. 2016. Т. 9, № 3. С. 61–64.
11. Григорьев П. Я., Яковенко Я. П. Лактулоза в терапии заболеваний органов пищеварения. *Российский гастроэнтерологический журнал*. 2018. № 2. С. 71–78.
12. Криницкая Н. В., Студенцова Н. А. Состояние и перспективы производства фаршевых изделий из рыбы. *Пищевая технология*. 2012. №1 С. 5–7.

#### References

1. Verschuren, P. M. (2012). Functional Foods: Scientific and Global Perspectives (Summary Report). *British journal of nutrition*, vol. 88, no. 2, pp. 125–130.
2. Bellisle, F., Diplock, A., Gornstra, G. (2008). Functional Food Science in Europe. *British journal of nutrition*, vol. 80, no. 1, pp. 181–193.
3. Milner, J. A. (2012). Functional foods and health: a US perspective. *British journal of nutrition*, vol. 88, no. 2, pp. 151–158.
4. Edlund, C., Nord, C. (2009). Effect on the human normal microflora of oral antibiotics for treatment of urinary tract infection. *J. Antimicrob. Chemoter*, vol. 46, no. 1, pp. 31–42.
5. Sullivan, A., Edlund, C., Nord, C. (2011). Effect of antimicrobial agents on the ecological balance of human microflora. *Lancet. Infection diseases*, vol. 1, no. 2, pp. 101–114.
6. McFarland, L. V. (2008). Risk factor for antibiotic — associated diarrhea. *Ann. Med. Intern*, vol. 149, no. 5, pp. 261–266.
7. Fanaro, S., Chierici, R., Guerrini, P., Vigi, V. (2013). Intestinal microflora in early infancy: composition and development. *Acta Paediatrica*, vol. 91, no. 2, pp. 48–55.
8. Benno, Y., Sawada, K., Mitsuoka, T. (2014). Intestinal microflora of infants: composition of fecal flora in breast-fed and bottle-fed infants. *Microbiology and immunology*, vol. 28, no. 9, pp. 975–986.
9. Gibson, G., Robertfroid, M. (2015). Dietary modulation of colonic microbiota: introduction of concept of prebiotics. *Nutritional science*, vol. 125, pp. 1401–1412.
10. Rummyantsev, V. G. (2016). *Disbakterioz kishechnika: klinicheskoe znachenie i printsipy lecheniya* [Intestinal dysbiosis: clinical importance and principles of treatment]. *Rossiyskiy gastroenterologicheskiy zhurnal* [Russian Gastroenterology Journal], vol 9, no. 1, pp. 61–64.
11. Grigor'ev, P. Ya. and Yakovenko, Ya. P. (2018). *Laktuloza v terapii zabolevaniy organov pischevareniya* [Lactulose in the treatment of diseases of the digestive system]. *Rossiyskiy gastroenterologicheskiy zhurnal* [Russian Gastroenterology Journal], no. 2, pp. 71–78.
12. Krinitskaya, N. V. and Studentsova, N. A. (2012). *Sostoyanie i perspektivy proizvodstva farshevykh izdeliy iz ryiby* [The state and prospects of production of minced meat products fish]. *Pischevaya tehnologiya* [Food technology], no. 1, pp. 5–7.

**Objective** is a theoretical substantiation and experimental development of a new vegetable semi-finished product as a functional filler for fish cut products.

**Methods.** *The standard standard and special research methods are used in the work, which ensured the fulfillment of the set tasks. Sampling and preparation for the study was carried out according to DSTU ISO 6498:2006.*

**Results.** *The relevance and ways of enrichment of fish cut masses with functional ingredients are determined. Methods of introducing the prebiotic lactulose into plant functional semi-finished products are substantiated. The basic technological scheme of functionally vegetable semi-finished product is developed and substantiated (wet-heat treatment of pre-crushed Jerusalem artichoke cubes before rubbing is carried out at temperature  $t = 98...100$  °C and hydraulic module 1: 0.8... 1: 0.9 for 20–25 minutes; pumpkin is blanched). steam, then wiped, lactulose is introduced without pre-treatment, the semi-finished product is heated at a temperature of 87–95 °C for 18–20 minutes, then packed in sterilized glass jars and sent for sale or storage) Determined the rational ratio of components in the semi-finished product (70 % Jerusalem artichoke puree, pumpkin puree 29 %, lactulose 1 %). The influence of the additive on the quality of cut fish masses is determined and the optimal quantity of semi-finished product in fish cutlet mass is determined. The consumer characteristics of vegetable semi-finished product and the main directions of use in the production of culinary products are determined; formulations and technologies of cut fish products on the basis of a semi-finished product are developed. The conducted researches testify to the high quality of the developed semi-finished product, which allows to recommend it for use in the production of a wide range of culinary products from chopped fish mass.*

**Key words:** *dysbacteriosis, prebiotics, lactulose, Jerusalem artichoke, pumpkin, vegetable semi-finished product, fish cut products.*

# ХІМІЧНІ, ФІЗИЧНІ, МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

DOI : 10.33274/2079-4827-2021-42-1-47-55  
УДК 664.346

*Гніцевич В. А., д-р техн. наук, професор<sup>1</sup>*  
*Дейниченко Л. Г., канд. техн. наук<sup>2</sup>*  
*Сімакова О. О., канд. техн. наук, доцент<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Київський національний торговельно-економічний університет (м. Київ, Україна), e-mail: flamber1965@gmail.com.

<sup>2</sup> Національний університет харчових технологій (м. Київ, Україна), e-mail: deliugri@gmail.com.

<sup>3</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: simakova@donnuet.edu.ua

## ЯКІСТЬ МОЛОЧНО-БІЛКОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ У ПРОЦЕСІ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ЗБЕРІГАННЯ

UDC 664.346

*Gnitsevych V., Grand PhD of Engineering Science,  
Professor<sup>1</sup>*  
*Deinychenko L., PhD in Engineering sciences<sup>2</sup>*  
*Simakova O. O., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine, e-mail: flamber1965@gmail.com.

<sup>2</sup> National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: deliugri@gmail.com.

<sup>3</sup> Mykhailo Tuhan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: simakova@donnuet.edu.ua.

## QUALITY OF DAIRY-PROTEIN CONCENTRATES IN THE LOW TEMPERATURE STORAGE PROCESS

**Мета.** Метою дослідження є встановлення змін структури, кольору та мікробіологічних показників молочно-білкових концентратів (МБК) зі сколотин, які отримані з використанням пюре журавлини або калини для обґрунтування режимів та умов їх зберігання.

**Методи.** Для дослідження зміни властивостей МБК зі зміною температури зберігання було використано метод диференціальної скануючої калориметрії (ДСК). Зазначений метод базується на аналізі фазових переходів, і розглядає зміни теплопоглинання зразків як функцію температури, що змінюється з заданою швидкістю.

Дослідження низькотемпературних фазових переходів МБК було проведено на диференціальному скануючому калориметрі для отримання інформації про температуру фазового переходу, ентальпії, пов'язаної з процесами плавлення, кристалізації та склування компонентів МБК.

Для оцінки кольорових характеристик було застосовано метод CIE XYZ та CIELab. Метод CIE XYZ заснований на вимірюванні спектральних коефіцієнтів дифузійного відбиття дослідних зразків ( $R_f$ , %) та математичній обробці за допомогою програмного забезпечення SFScan. Метод CIELab базується на триколіропараметричній системі Хантера, що характеризує колір за параметрами яскравості ( $L$ ) та компонентів кольору. Розрахунки за отриманими спектрами опрацьовувались у програмному забезпеченні SFScan. Мікробіологічну оцінку якості концентратів здійснювали виявленням кількісного та якісного складу мікроорганізмів. Мікробіологічні показники визначали згідно стандартних методик.

Надійшла до редакції 05.03.2021 р.

© В. А. Гніцевич, Л. Г. Дейниченко,  
О. О. Сімакова, 2021

**Результати.** На підставі проведених досліджень встановлено, що для забезпечення високої якості МБК у процесі зберігання раціональним є використання методу швидкої заморозки до  $-20...-30$  °C з подальшим зберіганням при цій температурі. Було проаналізовано фазові переходи вологи та розглянуті зміни теплопоглинання досліджуваних зразків МБК. Проведена оцінка зміни кольоропараметричних характеристик МБК та доведено, що раціональним є зберігання досліджуваних продуктів протягом 30 діб, при цьому не відзначено змін зразків. Проведені дослідження мікробіологічних показників МБК та визначено, що за умови зберігання концентратів у замороженому стані розвиток мікрофлори не відзначався.

**Ключові слова:** збереження якості, молочно-білкові концентрати; диференціальна скануюча калориметрія; кольоропараметричні характеристики; мікрофлора; зберігання.

**Постановка проблеми.** Сьогодні у світі існує дефіцит харчового білка, що оцінюється в 10...25 млн тонн на рік [1]. Нестача білків у харчуванні спричиняє у дітей уповільнення росту і розвитку, а у дорослих — глибокі зміни у функціонуванні печінки, порушення діяльності залоз внутрішньої секреції, зміну гормонального фону, погіршення засвоєння поживних речовин, проблеми з серцевим м'язом, погіршення пам'яті та працездатності.

Світовий досвід переконливо свідчить про те, що найбільш ефективним способом забезпечення населення необхідними нутрієнтами, а саме білками, є виробництво спеціальних харчових продуктів на основі концентратів білкових речовин молока. Цінною білковою сировиною для отримання останніх є вторинні продукти молочної промисловості, зокрема сколотини. Така сировина містить практично весь білковий, вуглеводний та мінеральний комплекс незбираного молока, проте характеризується зниженим вмістом жиру [2, 3]. До того ж, обсяги виробництва сколотин є значними, що робить доцільним їх використання в технологіях продукції спеціального призначення [4].

Зазначені дані вказують на раціональність концентрування і подальшого використання білків сколотин, зокрема у вигляді молочно-білкових концентратів (МБК), які отримуються з використанням дикорослих ягід журавлини і калини у якості коагулянтів [5]. Такі концентрати мають на меті поліпшення смаку, підвищення безпечності та зростання харчової і біологічної цінності продуктів на їх основі.

Враховуючи зростання попиту на білкові концентрати [6, 7], доцільним є детальне дослідження їх якості та властивостей, зокрема у галузях, які ще не були детально розглянуті провідними науковцями. Найрозповсюдженішим способом зберігання молочних продуктів є холодильне зберігання, що має на меті максимальне зниження швидкості небажаних біологічних та хімічних процесів в продукті з максимальним ступенем збереження його поживних властивостей і товарної якості. Отже, дослідження факторів, які впливають на зберігання МБК, зокрема його структури та органолептичних показників, є актуальним завданням.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Чисельними дослідженнями встановлено, що зміна температури під час такого зберігання є сприятливим чинником для перебігу таких хімічних реакцій, як гідроліз, окислення, що може призводити до фізичних змін, у тому числі, фазових переходів.

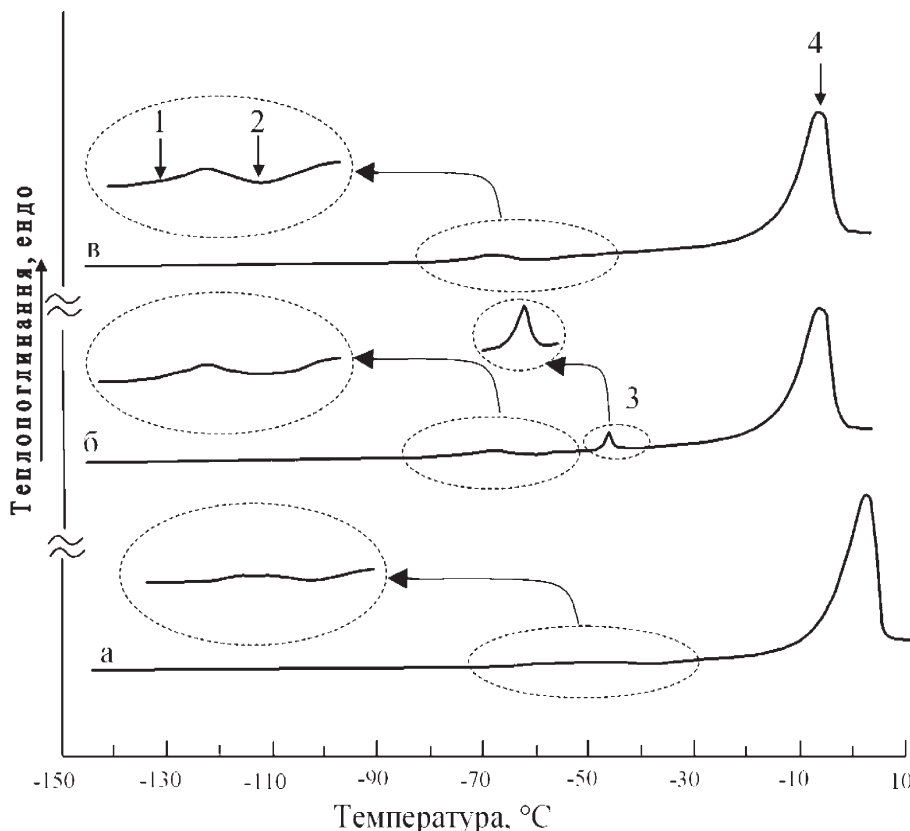
Одним з найважливіших параметрів при оцінці стабільності харчових продуктів при зберіганні у замороженому стані, за думкою сучасних дослідників, є теплофізичні властивості [8–16]. Зміни таких властивостей у харчових продуктах дозволяють спостерігати різні способи термічного аналізу, до яких відносяться диференціальний термічний аналіз (ДТА) та диференціальна скануюча калориметрія (ДСК). Досліджень цими методами харчових систем, основою яких є молочно-білкові концентрати та копреципітати, в наявній літературі не виявлено.

**Мета статті.** Метою роботи було виявлення впливу низьких температур та тривалості зберігання на структуру, кольоропараметричні характеристики та мікробіологічну чистоту МБК як змінних параметрів для визначення режиму заморожування та раціональних термінів зберігання цих продуктів.



**Виклад основного матеріалу дослідження.** Об'єктом досліджень було обрано МБК зі сколотин, отримані методом термокислотної коагуляції. У якості коагулянтів було використано пюре калини (МБКК) або журавлини (МБКЖ) [5].

Досліджені низькотемпературні фазові переходи та склування МБК методом ДСК. Залежності теплопоглинання від температури (термограми) МБКЖ, МБКК та контрольного зразка, в якості якого використовували сир кисломолочний нежирний, наведено на рис. 1.



**Рисунок 1** — ДСК-термограми молочно-білкових концентратів:  
а — контроль; б — МБКЖ; в — МБКК.

На підставі даних рис. 1 можна констатувати, що стрибок теплопоглинання 1 при температурі склування  $T_g$  ( $-60...-80$  °С для МБК та  $-60...-70$  °С для контролю) відповідає розсклуванню, тобто переходу речовини з склоподібного стану в переохолоджений рідкий. Склування, яке спостерігається при охолодженні всіх дослідних зразків, пояснюється існуванням в зразках зв'язаної води, що не встигає закристалізуватися при високих швидкостях охолодження. Розмитий екзотермічний ефект 2 при температурі кристалізації ( $T_c$ ) пов'язаний із завершенням кристалізації льоду, яка була перервана швидким охолодженням. Чисті субстанції, як правило, мають гострий пік кристалізації або плавлення, де все тепло виділяється або поглинається в обмеженому інтервалі температур.

Оскільки МБКС ПЯК представляють собою хімічний комплекс речовин, фазовий перехід може протікати в досить широкому діапазоні температур. Окрім того, піки фазових переходів в харчових продуктах можуть бути ускладнені тим фактом, що деякі їх компоненти можуть кристалізуватися в більш ніж одній структурі, тобто вони можуть бути поліморфічними.

На термограмі МБКЖ зареєстровано також ендотермічний пік 3 ( $-40...-50$  °С), що може пояснюватись плавленням евтектичних складів ( $T_{me}$ ), які перейшли у твердий кристалоподібний стан на етапі охолодження. Це може бути додатковим фактором пошкодження при низькотемпературному зберіганні даного концентрату. У такому разі доцільним є обмеження температури зберігання МБК температурою, що відповідає плавленню евтектичних складів, тобто  $-40$  °С. Інтенсивний ендотермічний пік 4 при температурі

плавлення ( $T_m$ ) відповідає повному плавленню льоду в зразках молочно-білкових концентратів.

На основі термограм дослідних зразків МБК було визначено температури склування і фазових переходів. Дані наведено у табл. 1.

**Таблиця 1** — Температури фазових переходів і склування МБК

Зразок	$T_g, ^\circ\text{C}$	$T_c, ^\circ\text{C}$	$T_{me}, ^\circ\text{C}$	$T_m, ^\circ\text{C}$
Сир кисломолочний нежирний	-65,8	-39	—	-3
МБКЖ	-76,5	-62,8	-46,2	-3,2
МБКК	-75,2	-62,5	—	-3,9

Результати диференціальної скануючої калориметрії свідчать, що для всіх досліджуваних зразків характерним є процес склування. Це пояснюється наявністю в їх структурі зв'язаної води, яка не повністю кристалізується у процесі охолодження через високу швидкість зміни температури. Структура концентратів при цьому має вигляд суміші кристалів льоду та твердоаморфних включень, що дає можливість вважати її стабільною в твердому стані.

Отримані залежності теплопоглинання від температури (термограми) досліджуваних зразків дали наступні результати:

1. Температура склування МБК лежить у діапазоні  $-40\dots-80\text{ }^\circ\text{C}$ , що є ширшим за діапазон, характерний для контролю ( $-50\dots-60\text{ }^\circ\text{C}$ ). Слід зазначити, що при зміщенні температури в бік  $0\text{ }^\circ\text{C}$  зв'язана вода МБК буде переходити у стан переохолодженої в'язкої рідини. Для досліджуваних МБК, як і для будь-яких продуктів з аморфною консистенцією, такий перехід буде мати негативні наслідки з точки зору цілісності структури. Тому доцільним буде обирати режим заморожування, що передбачає зберігання МБК за температури, меншої за  $-80\text{ }^\circ\text{C}$ .

2. Температура плавлення евтектичних складів МБК становить  $-45\text{ }^\circ\text{C}$ . Оскільки на етапі охолодження евтектичні склади перейшли у твердий кристалоподібний стан, їх плавлення при збільшенні температури сприятиме пошкодженню структури досліджуваних продуктів. У такому разі доцільним є обмеження температури зберігання концентратів температурою, що відповідає плавленню евтектичних складів, тобто  $-45\text{ }^\circ\text{C}$ .

3. Повне плавлення льоду у МБК проходить за температури  $-7\dots-10\text{ }^\circ\text{C}$ . Ця температура відповідає руйнації макрокристалів льоду, що є характерним за умови використання звичайного заморожування для зберігання концентратів. Враховуючи суттєве погіршення органолептичних властивостей МБК, використання даного способу заморожування є недоцільним.

Аналізуючи отримані дані, можна дійти до висновку, що для забезпечення високої якості МБК у процесі зберігання раціональним є використання методу швидкої заморозки до  $-20\dots-30\text{ }^\circ\text{C}$  з подальшим зберіганням при цій температурі.

Також слід зазначити, що інтенсивності стрибків теплопоглинання вказують на збільшення кількості зв'язаної рідини у МБК порівняно з контролем. Це сприяє зменшенню кристалізації та збільшенню склоподібної фази у процесі заморожування.

Отже, структура концентратів зазнає меншого ступеня руйнації, що вказує на пріоритетність МБК у розрізі збереження високого рівня якості за умови зберігання у замороженому стані.

Дослідження колориметричних характеристик МБКК та МБКЖ проводили безпосередньо після їх отримання, а також після 30, 60 та 90 діб зберігання. Розраховані кольоропараметричні характеристики дослідних зразків наведено в табл. 2–3.

Результати аналізу кольоропараметричних характеристик МБК вказують на наступне:

1) Домінуючим спектральним тоном на момент виготовлення для зразку МБКЖ є помаранчевий, проте зі збільшенням часу зберігання відбувається значне зменшення кольору у бік жовтого. У випадку з МБКК, жовтий є домінуючим спектральним кольором зразку з моменту виготовлення.

Таблиця 2 — Кольоропараметричні характеристики МБКК

Параметр	Зразок МБКК			
	після виготовлення	після 30 діб зберігання	після 60 діб зберігання	після 90 діб зберігання
Система CIEXYZ				
x	0,3617	0,3639	0,3685	0,3801
y	0,3723	0,3711	0,3856	0,4048
$\lambda$ , нм	578,9	579,9	576,9	575,5
T, %	37,2	37,1	38,6	40,5
P, %	33,62	33,68	40,79	50,75
Спектральний колір (домінуючий тон)	жовтий	жовтий	жовтий	жовтий
Система CIELab				
L*	84,94	77,31	56,47	57,93
a*	3,22	4,25	0,60	-1,26
b*	22,76	21,08	20,36	27,06
a*/b*	0,14	0,20	0,03	-0,05

Таблиця 3 — Кольоропараметричні характеристики МБКЖ

Параметр	Зразок МБКЖ			
	після виготовлення	після 30 діб зберігання	після 60 діб зберігання	після 90 діб зберігання
Система CIEXYZ				
x	0,3355	0,3737	0,3599	0,3569
y	0,3427	0,3628	0,3745	0,3777
$\lambda$ , нм	585,1	585,4	577,7	575,8
T, %	34,3	36,3	37,5	37,8
P, %	12,58	32,49	34,12	34,73
Спектральний колір (домінуючий тон)	жовто-помаранчевий	жовто-помаранчевий	жовтий	жовтий
Система CIELab				
L*	85,18	61,82	50,68	52,87
a*	4,35	9,17	1,17	-0,53
b*	8,35	16,91	16,28	16,09
a*/b*	0,52	0,54	0,07	-0,03

2) Параметри яскравості у системі CIEXYZ майже не змінюються протягом всього часу зберігання (37,2 %...40,5 % для МБКК та 34,3 %...37,8 % для МБКЖ), проте домінуюча довжина хвилі для обох МБК поступово зміщується в жовту область видимого спектру (578,9...575,5 нм для МБКК та 585,1...575,8 нм для МБКЖ).

3) Параметр чистоти тону, навпаки, зазнає значних змін протягом терміну зберігання зразків. Так для МБКК він зростає з 33,62 % до 50,75 %, а для МБКЖ — з 12,58 % до 34,73 %. Отриманих приріст свідчить на збільшення внеску домінуючого тону в загальний колір продуктів, тобто на пожовтіння зразків МБК у процесі зберігання.

4) Внесок білого тону в загальний колір обох продуктів на момент виготовлення становить приблизно 85 %, згідно параметрів світлоти (система CIELab). Проте зі збільшенням терміну зберігання кількість білого в загальній кольоровій гамі суттєво зменшується (до 57,93 % для МБКК та до 52,87 % для МБКЖ). Це свідчить про поступове потемніння продукту зі збільшенням терміну зберігання.

5) Параметри a\* і b\* у обох випадках мають значення > 0, що вказує на червоний та жовтий кольори як домінуючі для обох зразків.

На базі наведених даних можна зробити висновок, що найбільш раціональним є зберігання зразків у замороженому вигляді протягом 30 днів з моменту виготовлення, адже подальше зберігання сприятиме швидкому потемнінню поживній обох типів МБК.

Динаміку зміни мікробіологічних показників протягом зберігання наведено у табл. 4.

**Таблиця 4** — Динаміка зміни мікробіологічних показників МБК при зберіганні

Показник	Вміст мікроорганізмів				Нормативні документи
	Після виготовлення	Після 30 днів зберігання	Після 60 днів зберігання	Після 90 днів зберігання	
<b>МБКК</b>					
Бактерії групи кишкових паличок в 0,01 г продукту	не виділено				Не допускаються
Патогенні мікроорганізми, у тому числі сальмонели, у 25 г продукту	не виділено				Не допускаються
<i>S. aureus</i> в 0,01 г продукту	не виділено				Не допускаються
Мікроскопічні гриби, КУО/г	7	7	5	4	50
Дріжджі, КУО/г	6	5	5	3	100
<b>МБКЖ</b>					
Бактерії групи кишкових паличок в 0,01 г продукту	не виділено				Не допускаються
Патогенні мікроорганізми, у тому числі сальмонели, у 25 г продукту	не виділено				Не допускаються
<i>S. aureus</i> в 0,01 г продукту	не виділено				Не допускаються
Мікроскопічні гриби, КУО/г	8	7	5	5	50
Дріжджі, КУО/г	6	5	5	4	100

Аналіз даних табл. 4 свідчить, що тривалість зберігання МБК майже не впливає на розвиток мікрофлори. Так, за умови зберігання за температури  $-20...-25$  °С протягом 90 днів показники мікробного псування за більшістю показників не змінюються і знаходяться в межах норми. Зміни спостерігаються лише в зменшенні кількості дріжджів і мікроскопічних грибів, але вони є незначними. Отже, можна вважати, що за умови зберігання досліджуваних МБК за температури  $-20...-25$  °С, термін зберігання не має важливого значення.

**Висновки.** Таким чином, узагальнюючи всі отримані дані про зміни якості МБК при їх зберіганні в замороженому стані, можна констатувати, що раціональним режимом зберігання розроблених концентратів є температура  $-20...-25$  °С впродовж 30 діб. Виконання зазначених умов сприяє збереженню органолептичних та мікробіологічних властивостей МБК та уможливує їх використання для виготовлення страв і кулінарних виробів високої якості та безпечності. Оцінювання кольоропараметричних характеристик засвідчило, що раціональним є зберігання досліджуваних продуктів протягом 30 денного терміну з моменту виготовлення. Визначений термін має на меті запобігання потемнінню і поживній концентратів і, відповідно, погіршенню їх якості. Ступінь мікробіологічної чистоти МБК визначив можливість зберігання концентратів у замороженому стані, термін зберігання не має суттєвого впливу на розвиток мікрофлори.

## Список літератури

1. Смоляр В. Основні тенденції в харчуванні населення України. *Проблеми харчування*. 2010. № 2. С. 5–9.
2. Гніцевич В. А., Юдіна Т. І. Аналіз і перспективи використання білково-вуглеводної молочної сировини в Україні. *Мат. міжнар. наук.-практ. конф. «Глобалізаційні виклики розвитку національних економік»*. Том 3. 2016. Київ, КНТЕУ. С. 673–684.
3. Гніцевич В. А., Дейниченко Л. Г. Інновації у виробництві молочно-білкових концентратів. *Мат. міжнар. наук.-практ. конф. «Туристичний, готельний і ресторанний бізнес: інновації та тренди»*. КНТЕУ, Київ. 2016. 362 с.
4. Храмов А. Г. Экспертиза вторичного молочного сырья и получаемых из него продуктов. Санкт-Петербург : ГИОРД, 2003. 120 с.
5. Гніцевич В. А., Юдіна Т. І., Дейниченко Л. Г. Технологія та біологічна цінність молочно-білкових копреципітатів. *Товари і ринки*. 2016. № 2. С. 148–158.
6. Affertsholt T., Fenger M. The Global Market for Whey and Lactose Ingredients 2014–2017. *Business Consulting*. 2017. 146 p.
7. Хмарская Н. Новости рынка ингредиентов. *Продукты & Ингредиенты*. 2015. № 9 (128). 11 с.
8. Goff, H. D. (2005). The use of thermal analysis in the development of a better understanding of frozen food stability, *Pure&Applied Chemistry*, vol. 67, no. 11, pp. 1801–1808.
9. Sa, M. M. (2014). Glass transitions and state diagrams for typical natural fruits and vegetables, *Thermochimica Acta*, no. 246, pp. 285–297.
10. Erickson, M. C., Hung Y.. (2007). Quality in frozen food, Luxembourg: Springer-science+Business media, 484 p.
11. Bai, Y., Rahman, M., Perera, C., Smith, B., Melton, L. (2001). State diagram of apple slices: glass transition and freezing curves. *Food Research International*, no. 34, pp. 89–95.
12. Telis, V. R., Sobral, P. J. (2002). Glass transitions for freeze-dried and air-dried tomato. *Food Research International*, no. 35, pp. 435–443.
13. Telis, V. R., Sobral, P. J., Telis-Romero, J. (2006). Sorption isotherm, glass transitions and state diagram for freeze-dried plum skin and pulp. *Food Science and Technology International*, vol. 12, no 3, pp. 181–187.
14. Одарченко А. Н., Сергиенко А. А. Исследование стеклования и фазовых переходов в тестовых полуфабрикатах с добавлением овощного сырья. Технологии и оборудование пищевых производств. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2015. №1/6 (73). С. 57–61.
15. Nithya, D., Saravanan, M., Mohan, R., Alagusundaram, K. (2015). Influence of moisture, particle size and pulse flour composition on phase transition behavior of rice flour. *Food Science Technologies*, no. 52 (4), pp. 2485–2488.
16. Sandoval, A. Nunez, M., Muller A., Valle, G., Lourdin, D. (2009). Glass transition temperatures of a ready to eat breakfast cereal formulation and its main components by DSC and DMTA. *Carbohydrated Polymeres*, no. 76, pp. 528–534.

## References

1. Smolyar, V. (2010). Main tendencies in nutrition of the population of Ukraine [Osnovni tendentsiyi v kharchuvanni naselennya Ukrayiny]. *Problemy kharchuvannya*, No. 2, pp. 5–9.
2. Gnitsevich, V. A., Yudina, T. I. (2016). Analysis and prospects of using of protein-carbohydrate dairy raw materials in Ukraine [Analiz i perspektyvy vykorystannya bilkovo-vuhlevodnoyi molochnoyi syrovyny v Ukrayini]. *Materials of the international scientific-practical conference «Globalization Challenges for the Development of National Economies»*, KNUTE, Kyiv, Vol.3, pp. 673–684.
3. Gnitsevich, V. A., Deinychenko, L. G. (2016). Innovations in the production of milk-protein co-precipitates [Innovaciyi u vyrobnyctvi molochno-bilkovyh koprecypitativ]. *Tourist, hotel and restaurant business: innovations and trends: abstracts of international science-practice conference*, KNUTE, Kyiv, 362 p.

4. Khramtsov, A. G. (2003). Expertise of secondary dairy raw materials and products derived from it [Ekspertiza vtorichnogo molochnogo syr'ya i poluchayemykh iz nego produktov], St. Petersburg: GIORД, 120 p.
5. Gnitsevich, V. A., Yudina, T. I., Deynichenko, L. G. (2016). Technology and biological value of milk-protein co-precipitates [Tekhnolohiya ta biolohichna tsinnist molochno-bilkovykh kopretsypitativ], *Tovaryi i ryinki*, No. 2, pp. 148–158.
6. Affertsholt, T., Fenger, M. (2017). The Global Market for Whey and Lactose Ingredients 2014–2017, *Business Consulting*, 146 p.
7. Khmarskaya, N. (2015). News of ingredients market [Novosti rynku ingrediєntov]. *Produkty & ingrediєnty*, No. 9 (128), 11 p.
8. Goff, H. D. (2005). The use of thermal analysis in the development of a better understanding of frozen food stability, *Pure&Applied Chemistry*, Vol. 67, No. 11. pp. 1801–1808.
9. Sa, M. M. (2014). Glass transitions and state diagrams for typical natural fruits and vegetables, *Thermochimica Acta*, No. 246, pp. 285–297.
10. Erickson, M. C., Hung Y. (2007). Quality in frozen food, Luxembourg: Springer-science+Business media, 484 p.
11. Bai, Y., Rahman, M., Perera, C., Smith, B., Melton, L. (2001). State diagram of apple slices: glass transition and freezing curves, *Food Research International*, No. 34, pp. 89–95.
12. Telis, V. R., Sobral, P. J. (2002). Glass transitions for freeze-dried and air-dried tomato, *Food Research International*, No. 35, pp. 435–443.
13. Telis, V. R., Sobral, P. J., Telis-Romero, J. (2006). Sorption isotherm, glass transitions and state diagram for freeze-dried plum skin and pulp, *Food Science and Technology International*, Vol. 12, No 3, pp. 181–187.
14. Odarchenko, A. N., Serhyenko, A. A. (2015). Study of vitrification and phase transitions in test semi-finished products with the addition of vegetable raw materials [Yssledovanye steklovanyia y fazovykh perekhodov v testovykh polufabrykatakakh s dobavlenyem ovoschnoho syr'ia], *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovykh tekhnolohij*, No.1/6 (73), pp. 57–61.
15. Nithya, D., Saravanan, M., Mohan, R., Alagusundaram, K. (2015). Influence of moisture, particle size and pulse flour composition on phase transition behavior of rice flour. *Food Science Technologies*, no. 52 (4), pp. 2485–2488.
16. Sandoval, A. Nunez, M., Muller A., Valle, G., Lourdin, D. (2009). Glass transition temperatures of a ready to eat breakfast cereal formulation and its main components by DSC and DMTA. *Carbohydrated Polymeres*, no. 76, pp. 528–534.

**Objective.** *The aim of the study is to establish changes in the structure, color and microbiological parameters of milk protein concentrates (MPC) from buttermilk, which are obtained using cranberry or viburnum puree to justify the regimes and conditions of their storage.*

**Methods.** *The method of differential scanning calorimetry (DSC) was used to study the change in the properties of MPC with a change in storage temperature. This method is based on the analysis of phase transitions, and considers the changes in heat absorption of the samples as a function of temperature, which varies with a given speed.*

*The study of low-temperature phase transitions of MPC was performed on a differential scanning calorimeter to obtain information about the temperature of the phase transition, the enthalpy associated with the processes of melting, crystallization and vitrification of MBK components.*

*The CIE XYZ and CIELab methods were used to evaluate the color characteristics. The CIE XYZ method is based on the measurement of spectral coefficients of diffusion reflection of experimental samples (R<sub>f</sub>, %) and mathematical processing using SFScan software. The CIELab method is based on the Hunter tricolor parameter system, which characterizes color by brightness parameters (L) and color components. Calculations for the obtained spectra were processed in SFScan software.*

*Microbiological evaluation of the quality of concentrates was carried out by identifying the quantitative and qualitative composition of microorganisms. Microbiological parameters were determined according to standard methods.*

**Results.** *On the basis of the conducted researches it is established that for maintenance of high quality of MBK in the course of storage it is rational to use a method of fast freezing to –20...–30°C*

with the subsequent storage at this temperature. The phase transitions of moisture were analyzed and the changes in heat absorption of the investigated MPC samples were considered. The change of color-parametric characteristics of MPC is estimated and it is proved that it is rational to store the studied products for 30 days, at the same time no changes of samples are noted. Studies of microbiological parameters of MPC were performed and it was determined that the development of microflora was not observed under the condition of storage of concentrates in the frozen state.

**Key words:** quality preservation, milk-protein concentrates; differential scanning calorimetry; color parameters; microflora; storage.

DOI : 10.33274/2079-4827-2021-42-1-55-66  
УДК 664.681.1

*Федорова Д. В., д-р техн. наук, доцент<sup>1</sup>  
Беркун П. С., магістрант<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Київський національний торговельно-економічний університет (м. Київ, Україна), e-mail: dina\_fedorova@ukr.net.

**ВПЛИВ СУХИХ РИБОРОСЛИННИХ НАПІВФАБРИКАТІВ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ВИРОБІВ З ПІСОЧНОГО ТІСТА**

UDC 664.681.1

*Fedorova D. V., Grand PhD of Engineering Science, Associate Professor<sup>1</sup>  
Berkun P. S., Master's Degree student<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Kyiv National University of Trade and Economics (Kyiv, Ukraine), e-mail: dina\_fedorova@ukr.net.

**INFLUENCE OF DRY FISH AND PLANT SEMI-FINISHED PRODUCTS ON STRUCTURAL-MECHANICAL PROPERTIES AND QUALITY INDICATORS OF SUGAR DOUGH PRODUCTS**

**Мета.** Вивчити вплив сухих риборослинних напівфабрикатів на структурно-механічні властивості та показники якості виробів з пісочного тіста, обґрунтувати раціональну концентрацію і технологію використання сухих риборослинних напівфабрикатів у складі печива пісочного, дослідити харчову цінність готової продукції.

**Методи.** Відбір проб і підготовку їх до дослідження здійснювали за ДСТУ ISO 6498:2006. Готові вироби оцінювали органолептично по ГОСТ 5897-90. Намокання готових виробів визначали за ГОСТ 10114-80. Ступінь penetрації тістових мас проводили за допомогою напівавтоматичному пенетрометрі «Labor». Для визначення ступеня penetрації використовували конусний індендор. За одиницю penetрації приймали 0,1 мм занурення індендора у зразок, що досліджується.

Структурно-механічні властивості тіста пісочного досліджували на еластопластометрі Толстого в режимі постійного напруження зсуву [1]. Метод базується на визначенні деформації, як зміщення, віднесеного до товщини зразка. Звичною мірою процесу є не деформація, а піддатливість, тобто деформація віднесена до дійсно діючої напруги. Піддатливість в умовах лінійної поведінки є константою і не залежить від напруги. [1].

Загальний вміст вологи в пробі визначали за допомогою висушування при температурі 105°C до постійної маси, вміст золи — спалюванням наважки зразка з прожарюванням мінерального залишку в муфельній печі за температури 450...500 °C, жиру — екстракційно-ваго-

вим методом, білка — модифікованим методом К'ельдаля за ГОСТ 7636—85, масову частку вуглеводів визначали розрахунковим методом за фактичним вмістом у зразках вологи, білків, ліпідів і мінеральних речовин. Амінокислотний склад досліджували методом іонообмінної рідкісно-колонної хроматографії на автоматичному аналізаторі амінокислот Т 339, виробництво «Мікротехна», Чехія. Мінеральний склад в продуктах визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі ААС-30.

**Результати.** Одержано комплекс нових даних щодо впливу сухих риборослинних напівфабрикатів на структурно-механічні пісочного тіста, органолептичні властивості і харчову цінність виробів з пісочного тіста. Встановлено, що використання СРРН у складі борошна пшеничного дозволить збалансувати амінокислотний склад і підвищити вміст кальцію у готових виробках. Обґрунтовано технологію використання сухих риборослинних напівфабрикатів у складі печива пісочного підвищеної харчової цінності. Раціональним є використання 15 % гідратованих у молоці СРРН (ГМ 1:2) на стадії приготування емульсії. Доведено споживчі переваги розробленої продукції, які полягають у підвищенні їх харчової цінності внаслідок покращення мінерального та амінокислотного складу.

**Ключові слова:** риборослинні напівфабрикати, пісочне тісто, структурно-механічні, органолептичні властивості пісочного тіста, мінеральні речовини, амінокислотний скор.

**Постановка проблеми.** Забезпечення населення України високоякісними харчовими продуктами має першочергове соціальне та політичне значення й являється пріоритетним завданням нашої держави. Кондитерські виробы користуються значним попитом споживачів і відзначаються високими смаковими якостями, проте містять значну кількість цукру і жирів, мають високий глікемічний індекс та невисоку біологічну цінність через незбалансованість амінокислотного складу, невисокий вміст вітамінів, мінеральних елементів та інших біологічно активних речовин. Сучасним трендом розвитку кондитерської галузі є розширення асортименту кондитерської продукції для оздоровчого харчування за рахунок використання нетрадиційної рослинної сировини, дієтичних добавок — білково-мінеральних, вітамінних, із пребіотичними властивостями тощо. Виходячи з цього, дослідження, спрямовані на розробку науково обґрунтованих технологій борошняних кондитерських виробів з покращеним нутрієнтним складом, лежать в площині вирішення важливої проблеми національної економіки нашої держави, реалізація якої дозволить наповнити продовольчий ринок України продукцією з високою харчовою цінністю за доступною ціною, новими споживними властивостями за використання вітчизняної сировини та ресурсозберігаючих технологій.

Перспективним напрямом вирішення даної проблеми є використання в технології борошняних кондитерських виробів сухих риборослинних напівфабрикатів, які створені на основі комплексної переробки рибної і рослинної сировини, що дасть змогу збагатити виробы повноцінними білками із незамінними амінокислотами, харчовими волокнами, мінеральними речовинами та вітамінами, іншими біологічно активними сполуками.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Удосконаленню асортименту борошняних кондитерських виробів підвищеної поживної та біологічної цінності, зокрема з використанням нетрадиційної сировини та дієтичних добавок, присвячено роботи багатьох вітчизняних і закордонних вчених: В. В. Дорохович, К. Г. Іоргачової, М. Ф. Кравченка, Т. М. Лозової, О. В. Самохвалової, І. В. Сирохмана, О. М. Сафонової, Г. М. Лисюк, Abdel-Moemin Aly R. та ін. [2—7]. Ними доведено високі споживні властивості борошняних кондитерських виробів з використанням аглютенових борошняних композицій, нових видів рослинної сировини та дієтичних добавок, їх безпечність, наявність оздоровчих і профілактичних властивостей, переваги під час зберігання. Проте, проблема розширення асортименту борошняних кондитерських виробів для оздоровчого харчування з використанням нових видів білково-мінеральних добавок на основі комплексної переробки рибної і рослинної сировини залишається актуальною

Для комплексного покращення нутрієнтного складу, підвищення харчової та біологічної цінності борошняних кондитерських виробів, розширення асортименту та створення ін-



новаційних виробів, зокрема із пікантними смаками, перспективним є використання рибної і рослинної сировини — сухих риборослинних напівфабрикатів (СРРН), розроблених на кафедрі технології і організації ресторанного господарства [8].

**Мета статті.** Вивчити вплив сухих риборослинних напівфабрикатів на структурно-механічні властивості та показники якості виробів з пісочного тіста, обґрунтувати рецептурний склад, технологію використання СРРН та вивчити поживну цінність печива пісочного з використанням сухих риборослинних напівфабрикатів.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

— обґрунтування раціональні межі використання СРРН у складі борошняних композицій за критерієм бажаності вмісту Кальцію та збалансованістю амінокислотного складу готових виробів;

— за результатами досліджень впливу сухих і гідратованих риборослинних напівфабрикатів на структурно-механічні властивості пісочного тіста та органолептичні властивості виробів з пісочного тіста обґрунтувати технологію використання сухих риборослинних напівфабрикатів у складі виробів з пісочного тіста;

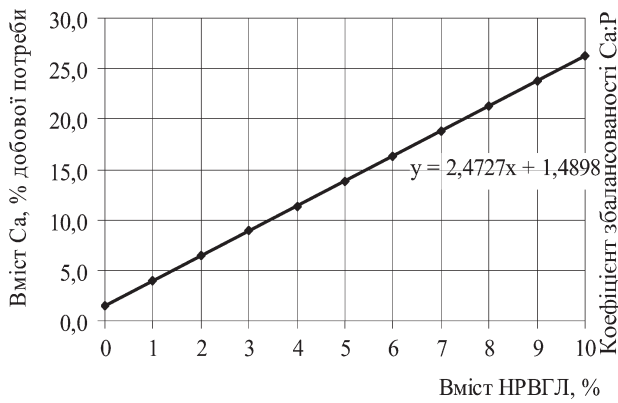
— дослідити нутрієнтний склад і споживні властивості печива пісочного з риборослинними напівфабрикатами.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** З метою розширення асортименту борошняних кондитерських виробів підвищеної харчової та біологічної цінності встановлено доцільність розроблення технології виробів із пісочного тіста з використанням СРРН. В якості об'єктів дослідження використовували сухі риборослинні напівфабрикати (СРРН) — порошки, виготовлені на основі висушеного і диспергованого риборослинного фаршу з дрібною бланшованої риби родини *Gobiidae* згідно з розроблених нами ТУ У 10.2-40220843-003:2016: напівфабрикат риборослинний з бланшованої рибної тушки з висівками пшеничними (НРВ); напівфабрикат риборослинний з гідролізованих рибних голів з висівками пшеничними (НРВГ); напівфабрикат риборослинний з гідролізованих рибних голів з висівками пшеничними та клітковиною насіння льону (НРВГЛ) [8]; модельні системи і випечені напівфабрикати з пісочного тіста з використанням СРРН. Контрольними зразками обрано: пісочне печиво «З сиром» [9].

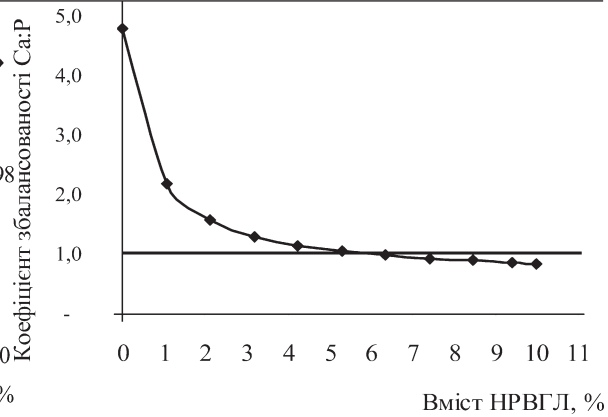
Порівняно хімічний склад основної сировини, використовуваної для розробки борошняних сумішей. У СРРН відзначено більш високий вміст білків (у 6 разів) порівняно з борошном пшеничним вищого ґатунку, а також значно вищий вміст мінеральних елементів — у 23...27 рази відповідно. Комплексне використання борошна пшеничного з СРРН дасть змогу збалансувати амінокислотний склад виробів. Обґрунтування раціональних меж використання СРРН у складі борошняних виробів визначали за критерієм бажаності вмісту Кальцію та збалансованістю амінокислотного складу готових виробів (підвищення рівня лімітованих амінокислот лізину і треоніну, показників біологічної цінності). Високий вміст лізину і треоніну у СРРН дозволить підвищити рівень цих лімітованих у борошні пшеничному амінокислот та збалансувати амінокислотний склад готових виробів. Середній вміст кальцію у випечених напівфабрикатах з пісочного тіста становить 16...36 мг/100г, що не перевищує 3...4 % добової потреби в ньому. Використання 5...10 % СРРН у складі борошна пшеничного дозволить підвищити вміст кальцію у готових виробках до 170...260 мг/100 г.

За результатами проведених розрахунків (рис. 1–2) встановлено, що для забезпечення раціонального співвідношення Са: Р (1:1) у складі борошняних сумішей на основі борошна пшеничного (БП) доцільним є використання СРРН у наступних масових частках: НРВ — 4...5 %, НРВГ та НРВГЛ — 4...8 %. При цьому вміст Кальцію у сумішах становитиме відповідно 134...163 мг/100 г (11,2...13,6 % добової потреби), 136,5...255,5 мг/100 г та 166...289,5 мг/100 (11,4...24,1 % добової потреби).

Розрахунок амінокислотного скоря по ФАО/ ВОЗ показав, що лімітованими амінокислотами борошна пшеничного є лізин (42,5 %) і треонін (75,2 %); СРРН — валін (77,4...87,9 %) та ізолейцин (83,5...91,5 %), що визначає доцільність їх застосування для підвищення біологічної цінності борошняних виробів. Результати проведених розрахунків дозволили



**Рисунок 1** — Зміна вмісту кальцію (% добової потреби/ 100 г) у борошняній суміші (з борошна пшеничного в/г) в залежності від вмісту НРВГЛ



**Рисунок 2** — Зміна вмісту кальцію (% добової потреби/ 100 г) у борошняній суміші (з борошна пшеничного в/г) в залежності від вмісту НРВГЛ

обґрунтувати доцільність використання СРРН для оптимізації амінокислотного складу сумішей на основі борошна пшеничного у кількості 23...32 %. При цьому біологічна цінність композицій — 72,6...83,3 значно перевищує відповідне значення для борошна пшеничного (48,7 %) та окремих СРРН (63,4...75,2), що визначає доцільність комбінування борошна пшеничного та СРРН (табл. 1).

**Таблиця 1** — Амінокислотний склад і скор білків борошняних сумішей з СРРН

Показники	БП (борошно пшеничне в/г)			БП+НРВ 36:64			БП+НРВГ 27:73			БП+НРВГЛ 26:74		
	A <sup>1</sup> , г	C <sub>A</sub> <sup>2</sup> , %	РАС <sup>3</sup> , %	A <sup>1</sup> , г	C <sub>A</sub> <sup>2</sup> , %	РАС <sup>3</sup> , %	A <sup>1</sup> , г	C <sub>A</sub> <sup>2</sup> , %	РАС <sup>3</sup> , %	A <sup>1</sup> , г	C <sub>A</sub> <sup>2</sup> , %	РАС <sup>3</sup> , %
Незамінні АК, %												
Лізин	2,33	42,4	-	5,71	103,8	19,7	5,25	95,4	39,9	5,04	91,6	26,2
Треонін	3,01	75,2	32,8	3,88	96,9	12,8	3,86	96,5	41,0	4,11	102,8	37,4
Метіо-нін+ цистін	3,59	102,6	60,2	3,60	102,9	18,8	2,36	67,4	11,9	2,34	66,9	1,5
валін	4,56	91,3	48,9	4,20	84,1	-	2,78	55,5	-	3,27	65,4	-
Ізолейцин	4,17	104,4	62,0	3,73	93,3	9,2	2,67	66,7	11,2	3,02	75,4	10,0
Лейцин	7,86	112,3	69,9	7,98	114,0	29,9	6,73	96,2	40,7	7,23	103,3	37,9
Феніл-аланін+ тирозин	7,48	124,6	82,2	6,87	114,4	30,3	5,46	90,9	35,4	5,65	94,2	28,8
Триптофан	0,97	97,1	54,7	0,97	96,8	12,7	0,94	94,2	38,7	0,93	92,6	27,2
Лімітована АК, скор, %	Лізин — 42,5; треонін — 75,2			Валін — 84,1; ізолейцин — 93,3			Валін — 55,5; ізолейцин — 66,7			Валін — 65,4; ізолейцин — 66,9		
Біологічна цінність, %	48,7			83,3			72,6			78,9		

Примітки: <sup>1</sup> — масова частка амінокислоти, г в 100 г білку продукту; <sup>2</sup> — скор амінокислоти, %, <sup>3</sup> — показник різниці амінокислотного скору РАС.

Наступним етапом було вивчення впливу СРРН на структурно-механічні показники пісочного тіста та випеченого печива. Пісочне тісто є структурованою дисперсною системою та складається із трьох фаз: твердої, рідкої та газоподібної. Відомо, що за характером структури пісочне тісто належить до пластично-в'язких тіл, що обумовлює розсипчастість структури готових виробів. При використанні при виробництві БКВ нетрадиційних видів сировини обґрунтованим є вибір стадії технологічного процесу, на якій найбільш доцільно введення добавок. Сучасні технології виробництва БКВ передбачають стадію приготування емульсії, від якості якої багато в чому залежить якість готових виробів. При цьому емульсія є визначальним фактором впливу на якість готових виробів при виробництві пісочного печива.

Емульсії для пісочного тіста є концентрованими емульсіями масла в воді. Процес емульгування і властивості емульсій залежать від поверхневого натягу фаз і міжфазного натягу.

Рядом дослідників показана перспективність застосування полісахаридів льону як структуроутворювачів, емульгаторів, водоутримуючих колоїдів, стабілізаторів емульсій.

З метою вивчення впливу СРРН на міцнісні та сенсорні характеристики печива пісочного досліджували вплив використання сухих і гідратованих риборослинних напівфабрикатів (рис. 3). Показник граничного напруження зсуву (ГНЗ) визначали розрахунковим методом за формулою  $Q_0 = k \times m / h^2$ , де  $Q_0$  – граничне напруження зсуву, Па;  $k$  – константа конусу, що залежить від кута  $\alpha$  при вершині ( $\alpha = 60^\circ$ ,  $k = 2,1$ );  $m$  – маса конуса, кг;  $h$  – глибина занурення індентора, м.

При цьому СРРН додавали у тісто в суміші із борошном, а гідратовані – в емульсію для приготування пісочного печива. Гідратацію СРРН здійснювали у молоці за попередньо обґрунтованих параметрів (ГМ 1:2 протягом (12...15)·60 с. За результатами проведених досліджень встановлено, що введення СРРН разом із борошном має зміцнюючий вплив на

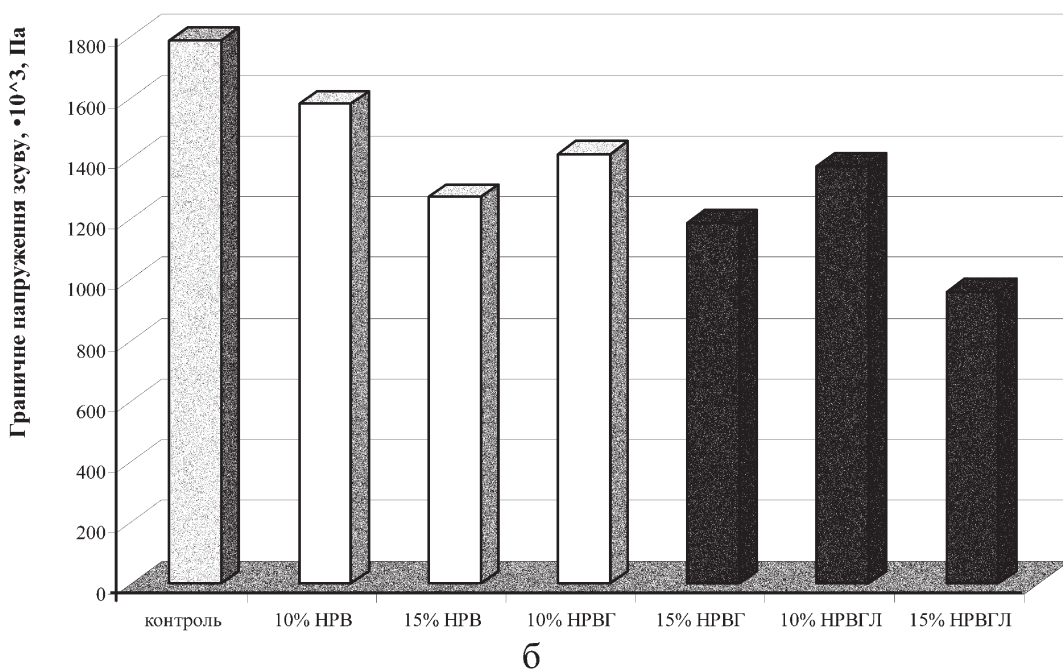
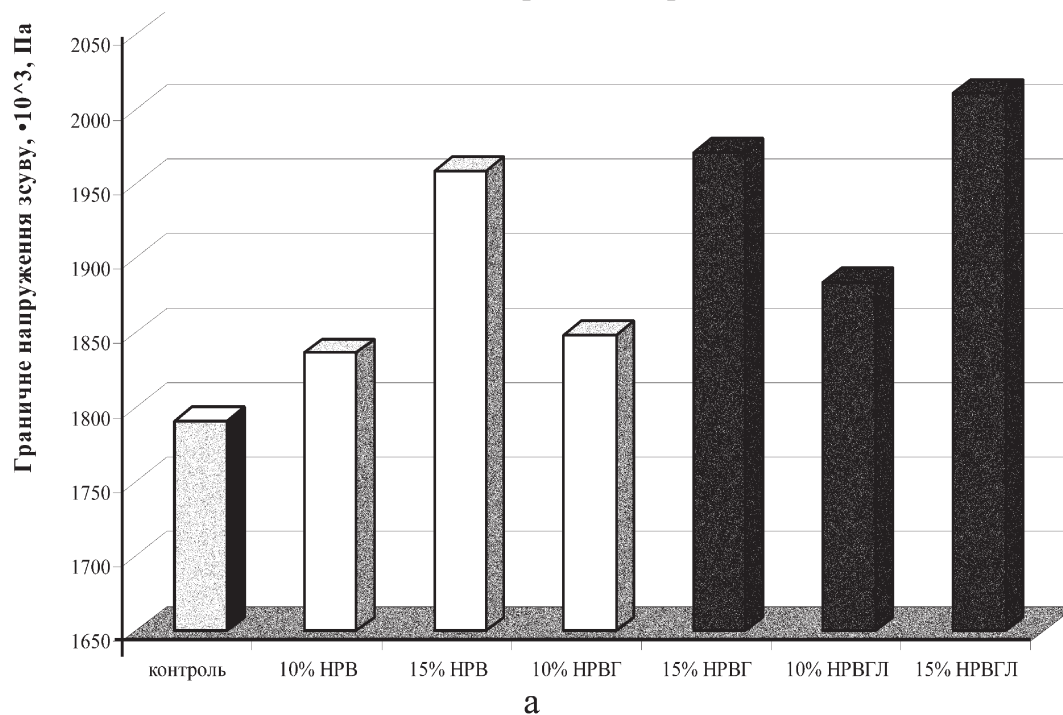


Рисунок 3 — Граничне напруження зсуву тіста пісочного з вмістом сухих (а) та гідратованих (б) риборослинних напівфабрикатів

структуру пісочного тіста, тоді як введення гідратованих у молоці риборослинних напівфабрикатів розслаблює структуру тіста, що є об'єктивними причинами збільшення вологості у системі. Проте, використання гідратованих риборослинних напівфабрикатів мало позитивний вплив на сенсорні показники якості випеченого печива.

При використанні гідратованих у молоці напівфабрикатів печиво набуває більш пористої крихкої консистенції порівняно із використанням в сухому вигляді з борошном, краще зберігає форму при випіканні, його поверхня залишається не пошкодженою тріщинами (табл. 2). Встановлено, що при використанні 20 % гідратованих риборослинних напівфабрикатів, консистенція тіста помітно розріджується, колір виробів набуває надто темного коричневого кольору, структура — надто щільна і «затягнута» після випікання; вироби набувають вираженого рибного присмаку і аромату (табл. 2).

За результатами органолептичної оцінки встановлено, що зразки печива, виготовлені з використанням гідратованих у молоці НРВГЛ мають кращі сенсорні характеристики при використанні у попередньо рекомендованих концентраціях 10...15 % порівняно з аналогічними показниками з вмістом не гідратованих НРВГЛ.

**Таблиця 2** — Характеристика органолептичних властивостей печива пісочного з використанням сухих та гідратованих СРРН (НРВГЛ)

Зразки випеченого печива	Форма, зовнішній вигляд	Колір поверхні	Смак	Запах	Консистенція
з використанням сухих НРВГЛ з борошном					
Контроль	Печиво правильної круглої форми без ум'ятин, пошкоджених країв, поверхня рівна	Золотистий рівномірний	Відповідний даному виду виробу, з присмаком сиру, без стороннього присмаку	Відповідний даному виду виробу	Крихка, пориста
10 %	Печиво правильної круглої форми без ум'ятин, пошкоджених країв, поверхня рівна	Золотистий рівномірний	Відповідний даному виду виробу, з присмаком сиру, без стороннього присмаку	Відповідний даному виду виробу з легким ароматом риби	Крихка, щільна
15 %	Печиво правильної круглої форми без ум'ятин, пошкоджені краї, поверхня шорсткувата з тріщинами	Світло-коричневий рівномірний	Відповідний даному виду виробу, з присмаком сиру та легким присмаком риби, без стороннього присмаку	Відповідний даному виду виробу з легким ароматом риби	Крихка, щільна, «затягнута»
20 %	Печиво правильної круглої форми без ум'ятин, пошкоджені краї, поверхня шорсткувата з тріщинами	Темно-коричневий нерівномірний	Відповідний даному виду виробу, з присмаком сиру та вираженим присмаком риби, без стороннього присмаку	Відповідний даному виду виробу з вираженим ароматом риби	Крихка, щільна, «затягнута»
з використанням гідратованих НРВГЛ з емульсією					
Контроль	Печиво правильної круглої форми без ум'ятин, пошкоджених країв, поверхня рівна	Золотистий рівномірний	Відповідний даному виду виробу, з присмаком сиру, без стороннього присмаку	Відповідний даному виду виробу	Крихка, пориста
10 %	Заданої форми без ум'ятин, пошкоджених країв, поверхня рівна	Золотистий рівномірний	Відповідний даному виду виробу, з присмаком сиру, без стороннього присмаку	З легким ароматом риби	Крихка, пориста
15 %	Заданої форми без ум'ятин, пошкоджених країв, поверхня шорсткувата без тріщин	Світло-коричневий рівномірний	Відповідний даному виду виробу, з присмаком сиру та легким присмаком риби, без стороннього присмаку	З легким ароматом риби	Крихка, пориста
20 %	Форма розпливчаста, пошкоджені краї, поверхня шорсткувата без тріщин	Коричневий нерівномірний	Відповідний даному виду виробу, з присмаком сиру та вираженим присмаком риби, без стороннього присмаку	З вираженим ароматом риби	Крихка, «розпливчаста»

Порівняльним аналізом отриманих даних для пісочного тіста як модельної системи (рис. 4) підтверджено участь цукру та жиру в зниженні пружно-в'язких та формуванні пластично-в'язких властивостей пісочного тіста, оскільки цукор має дегідратуючі властивості та разом із жиром є пластифікаторами. Встановлено, при використанні 10...15 % НРВГЛ загальна деформація зразків пісочного тіста збільшується у 2,6...2.9 рази, що проявляється як збільшення повзучості. При цьому заміна борошна пшеничного в пісочному тісті на НРВГЛ сприяє аналогічному зниженню умовно миттєвого модулю пружності на 6,2...75,5 % та високоеластичного модуля — на 32,6...90,1 %. Пластична в'язкість при цьому для зразків пісочного печива із НРВГЛ знижується на 28,1 %. Така інтенсивна зміна пластичної в'язкості пов'язана із послабленням структури тіста за рахунок зниження кількості клейковини борошна при заміні її на НРВГЛ. Використання НРВГЛ сприяє зниженню пластичних — на 27,12...31,87 % та збільшенню еластичних властивостей — на 22,59...39,83 %. При цьому пружність знижується на 9,2 %, а податливість зростає у 7 разів, що сприяє покращенню формування виробів.

Для печива, як харчового продукту, визначальними показниками якості є споживні властивості, зокрема фізико-структурні властивості печива, намоцуність і щільність. При використанні СРРН (рис. 5 а) намоцуність печива збільшується порівняно з контролем, особливо при внесенні його на стадії приготування емульсії.

Встановлено, що при внесенні 15 % НРВГЛ в емульсію намоцуність становить 182 %, а на стадії замісу тіста — 167 %, тоді як намоцуність контрольного зразка — 155 %. Але у всіх випадках при внесенні СРРН у тісто спостерігається збільшення намоцуності та зменшення щільності печива. Намоцуність виробів при

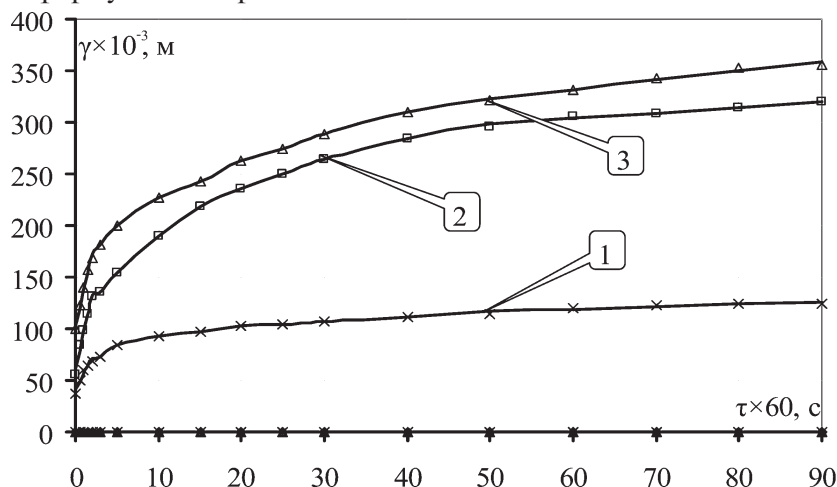


Рисунок 4 – Динаміка деформації зразків модельних систем:

1 — пісочне тісто без добавок, 2 — пісочне тісто із заміною пшеничного борошна на НРВГЛ у кількості 10%, 3 — пісочне тісто із заміною пшеничного борошна на НРВГЛ у кількості 15%.

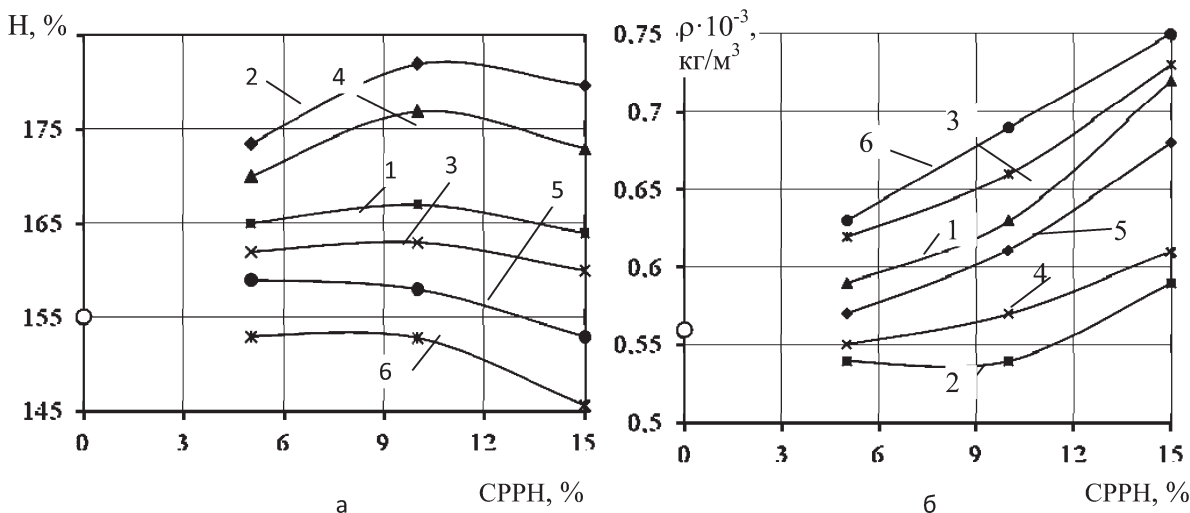


Рисунок 5 — Залежність намоцуності (а) та щільності (б) цукрового печива від стадії внесення та виду СРРН: в емульсію (гідратовані) — 1 — НРВ; 2 — НРВГЛ, 4 — НРВГ; під час замішування тіста (сухі з борошном) — 3 — НРВГ, 5 — НРВГЛ, 6 — НРВ.

використанні СРРН відповідає нормативним вимогам, виняток становлять зразки, виготовлені з введенням сухих риборослинних напівфабрикатів на стадії замішування тіста. Отже, при використанні риборослинних напівфабрикатів в рецептурі пісочного печива, їх краще додавати на стадії приготування емульсії. У результаті дослідження фізико-структурних властивостей пісочного тіста з СРРН встановлено, що раціональною є концентрація до 15 %. При цьому структура тіста не погіршується і не виникає «затягування» тіста.

Проведений комплекс досліджень дозволив розробити рецептурний склад печива пісочного «Бердянське» з використанням риборослинних напівфабрикатів (табл. 4).

**Таблиця 4** — Рецептурний склад печива пісочного з використанням СРРН

Сировина	Витрати, г на 10 кг			
	Контроль		Печиво пісочне 15 % НРВГЛ	
	в натурі	у сухих речовинах	в натурі	у сухих речовинах
Борошно пшеничне вищого гатунку	649,98	577,06	468,5	415,9
СРРН (НРВ, НРВГ, НРВГЛ)	-	-	72,5	69,3
Молоко	-	-	169	20,2
Цукрова пудра	79,64	79,52	79,6	79,5
Інвертний сироп	23,62	16,53	23,6	16,5
Маргарин	195,04	163,83	195	163,8
Меланж	53,99	14,58	53,99	14,58
Сіль кухонна	11,47	11,07	11,5	11,1
Сода	4,72	2,36	4,7	2,4
Амоній	0,61	-	0,6	-
Сир плавлений	193	104,59	193	104,6
Насіння льону	-	-	44,3	37,2
Паприка	-	-	21,1	20,3
Разом	1212,07	969,54	1341,8	975,2
Вихід випеченого напівфабрикату	1000,0	955,0	1000,0	954,0

Аналіз рецептурного складу розроблених видів печива доводить, що приготовлений за запропонованою технологією продукт містить у своєму складі борошно пшеничне, СРРН. Вміст та смакових компонентів (спецій, цукрової пудри, насіння льону, соку морквяного, солі кухонної) обрано з урахуванням органолептичних показників кінцевого продукту з прийнятними показниками кольору, зовнішнього вигляду, смаку і запаху. В якості розпушувача використаний натрій двовуглекислий в кількості 0,4...0,5 % та вуглекислий амоній — 0,06 %. Використання емульсії маргарину та диспергованих у молоці СРРН, дозволили покращити емульгування модельної системи тіста та отримати якісне печиво з розвиненою пористістю.

Проведені дослідження дозволили розробити рецептурний склад та технологію використання СРРН у виробництві печива пісочного. Розроблено асортимент печива пісочного «Бердянське з овочами та прянощами» з використанням СРРН та комплексу смакових добавок. Виробництво печива з СРРН за запропонованою технологією може здійснюватися у кондитерських цехах невеликої потужності та в закладах ресторанного господарства. Результати дегустаційної оцінки показали, що усі розроблені вироби мали високі показники якості і приємні пікантні смакові властивості. Найкраща вираженість аромату виявлена у зразків пісочного печива «з сиром та паприкою», «морквяно-рибне з насінням льону та коріандром». Найкраща збалансованість і гармонійність смаку виявлена у зразках печива «томатно-рибне з насінням льону та базиліком» та «з насінням льону, цибулею та кропом».

Для характеристики харчової цінності розробленого печива пісочного нами досліджено вміст основних макронутрієнтів (табл. 5). Розроблені вироби характеризуються високим вмістом білкових речовин (10,3...14,6 %) при вмісті жиру 6...25 %, а їх енергетична цінність знаходиться на рівні контрольних значень.

**Таблиця 5** — Харчова цінність борошняних кондитерських виробів з риборослинними напівфабрикатами, (n=5, P 0,05)

Назва виробу	Масова частка, %					Енергетична цінність, ккал/100г
	жирів	білків	вуглеводи	золи	вологи	
Печиво «Бебянське»						
Контроль	23,3±0,6	8,1±0,4	61,4±0,05	1,8±0,02	5,4±0,3	508,1±21,6
з сиром і паприкою	24,1±0,4	10,6±0,4	55,4±0,5	2,6±0,1	7,2±0,3	502,9±21,6
з насінням льону «Шипшинка»	24,7±0,5	11,7±0,4	53,4±0,4	2,7±0,1	7,5±0,2	498,7±21,2
морквяно-рибне з насінням льону та коріандром	22,5±0,6	11,2±0,4	55,2±0,4	2,7±0,1	7,6±0,2	483,6±21,6
томатно-рибне з насінням льону та базиліком	22,6±0,4	10,3±0,4	56,6±0,4	2,5±0,1	7,8±0,2	484,8±20,4
риборослинне з насінням льону, цибулею та кропом	22,3±0,4	10,6±0,4	56,0±0,4	2,6±0,1	7,5±0,2	488,0±22,8

Встановлено, що вміст амінокислот у розроблених виробках з СРРН перевищує їх рівень в ідеальному білку FAO/WHO, їх білки краще збалансовані за амінокислотним складом, а їх біологічна цінність становить 81...84 од. проти 49,7 од. у контролі (табл. 6).

**Таблиця 6** — Амінокислотний склад і скор білків печива пісочного з СРРН

Показники	Контроль (крекер «З кмином»)			Печиво Бердянське з сиром паприкою		
	A <sup>1</sup> , г	C <sub>A</sub> <sup>2</sup> , %	PAC <sup>3</sup> , %	A <sup>1</sup> , г	C <sub>A</sub> <sup>2</sup> , %	PAC <sup>3</sup> , %
Незамінні АК, %						
лізин	2,41	43,8	0	4,98	90,6	0
треонін	3,10	77,5	33,7	4,10	102,5	11,9
метіонін+ цистин	3,56	101,6	57,8	4,26	121,7	31,1
валін	4,57	91,3	47,5	5,12	102,4	11,8
ізолейцин	4,18	104,4	60,6	4,05	101,3	10,7
лейцин	7,86	112,3	68,5	8,27	118,1	27,5
фенілаланін+тирозин	7,43	123,9	80,1	7,08	118,0	27,4
триптофан	0,98	97,7	53,9	1,16	115,5	24,9
Лімітована амінокислота, скор, %	<b>Лізин — 43,8; треонін — 77,5</b>			<b>Лізин — 90,6</b>		
Біологічна цінність, %	<b>49,7</b>			<b>81,8</b>		
Перетравлення, %	<b>76,3</b>			<b>81,4</b>		

Примітки: <sup>1</sup> — масова частка амінокислоти, г в 100 г білку продукту; <sup>2</sup> — скор амінокислоти, %; <sup>3</sup> — показник різниці амінокислотного скору PAC.

Основними елементами зольного залишку розроблених виробів з СРРН є макроелементи: кальцій, калій, фосфор та мікроелементи: ферум, цинк та йод (табл. 7).

**Таблиця 7** — Мінеральний склад печива пісочного з СРРН, n = 5, P ≤ 0,05

Назва виробу	Мінеральні елементи, мг/100 г						
	Кальцій (Ca)	Фосфор (P)	Калій (K)	Магній (Mg)	Ферум (Fe)	Цинк* (Zn)	Йод* (J)
Контроль	18,0±0,5	61±3	72,0±3	11,6±0,6	0,8±0,05	12,0±0,7	-
з сиром та паприкою	224±4	106±3	128±3	67±2	1,5±0,06	6,8±0,2	4,2±0,1

Примітка: \* — мкг/100 г.

Продовження таблиці 7

Назва виробу	Мінеральні елементи, мг/100 г						
	Кальцій (Ca)	Фосфор (P)	Калій (K)	Магній (Mg)	Ферум (Fe)	Цинк* (Zn)	Йод* (J)
з насінням льону «Шипшинка»	246±5	109±3	151±5	74±2	1,6±0,08	7,5±0,3	4,3±0,2
морквяно-рибне з насінням льону та коріандром	241±5	104±3	132±4	68±2	1,5±0,07	7,9±0,4	4,0±0,1
томатно-рибне з насінням льону та базиліком	246±5	103±4	136±4	72±2	1,5±0,06	6,3±0,3	4,1±0,1
риборослинне з насінням льону, цибулею та кропом	240±4	106±4	125±3	66±2	1,5±0,06	5,8±0,1	4,0±0,1

Примітка: \* — мкг/100 г.

Розроблені вироби є функціональними джерелами Кальцію. Споживання 100 г розроблених виробів дозволяє забезпечити 16...20 % добової потреби у кальції, що уможливило віднесення таких продуктів до категорії оздоровчих із профілактичних властивостями.

**Висновки.** Визначено актуальність розширення асортименту виробів з пісочного тіста з покращеним нутрієнтним складом із пікантними смаками шляхом використання сухих риборослинних напівфабрикатів у їх складі. Обґрунтовано раціональні межі використання СРРН у складі борошняних композицій за критерієм бажаності вмісту Кальцію та збалансованістю амінокислотного складу готових виробів.

Експериментальними методами встановлено вплив сухих і гідратованих риборослинних напівфабрикатів на структурно-механічні, функціонально-технологічні та органолептичні властивості модельних систем з пісочного тіста. За результатами структурно-механічних досліджень встановлено, що введення СРРН разом із борошном має зміцнюючий вплив на структуру пісочного тіста, тоді як використання гідратованих риборослинних напівфабрикатів мало позитивний вплив на сенсорні показники якості випеченого печива — зразки набували більш пористої крихкої, краще зберігали форму при випіканні, поверхня печива залишалась не пошкодженою тріщинами. Результати комплексу проведених досліджень показали, що раціональним є використання 15 % гідратованих у молоці СРРН (ГМ 1:2 протягом (12...15)·60с) від маси пісочного тіста, які краще додавати на стадії приготування емульсії.

Обґрунтовано технологію використання сухих риборослинних напівфабрикатів у складі печива пісочного, за якої структурно-механічні властивості і намоочуваність виробів відповідає нормативним вимогам. Доведено споживчі переваги розробленої продукції, які полягають у підвищенні їх харчової та біологічної цінності внаслідок покращення амінокислотного та мінерального складу.

#### Список літератури

1. Гурський П. В., Горальчук А. Б., Пивоваров П. П., Гринченко О. О., Погожих И. І., Полевич В. В. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик. Харків : Харків. держ. ун-т харч. і торгівлі, 2006. 63 с.
2. Дорохович В. В. Наукове обґрунтування та розроблення технологій борошняних кондитерських виробів спеціального дієтичного призначення : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.16 / Київ. нац. торг-екон. ун-т. Київ, 2010. 39 с.
3. Сафонова О. М., Тіщенко Л. М., Гавриш Т. В., Камбулова Ю. В., Перцевий Ф. В., Лисюк Г. М., Чорна Н. В. Технологічні властивості зерна, борошна і тіста : колективна монографія / заг. ред. О. М. Сафонова. Харків : Апостроф. 2012. 252 с.



4. Сирохман І. В., Ткаченко А. С. Поліпшення споживних властивостей і асортименту печива з використанням нетрадиційної сировини : монографія. Полтава : ПУЕТ, 2017. 151 с.

5. Лозова Т. М., Сирохман І. В. Наукове обґрунтування поліпшення споживних властивостей борошняних кондитерських виробів з використанням природної нетрадиційної сировини : монографія. Львів : Видавництво Львівського торговельно-економічного університету, 2017. 328 с.

6. Кравченко М. Ф. Інноваційні технології харчових виробництв : монографія / відп. ред. В. А. Піддубний. Київ : Кондор, 2017. 374 с.

7. Abdel-Moemin, Aly R. (2015). Healthy cookies from cooked fish bones. *Food Bioscience*, vol. 12, pp. 114–121. doi : 10.1016/j. fbio.2015.09.003.

8. Федорова Д. В. Фізико-хімічні і біохімічні показники якості сухих рибо-рослинних напівфабрикатів. *Технічні науки та технології: науковий журнал Черніг. нац. технол. ун-ту*. 2016. № 3 (5). С. 217–233.

9. Збірник рецептур борошняних кондитерських і здобних булочних виробів : навчально-практичний посібник / заг ред О. В. Павлов. Видання перероблене і доповнене. Київ : ПрофКнига, 2018. 336 с.

### References

1. Hurskyi, P. V., Horalchuk, A. B., Pyvovarov, P. P., Hrynchenko, O. O., Pohozhykh, Y. I., Polevych, V. V. (2006). *Reolohichni metody doslidzhennia syrovyny i kharchovykh produktiv ta avtomatyzatsiia rozrakhunkiv reolohichnykh kharakterystyk* [Rheological methods of research of raw materials and food products and automation of calculations of rheological characteristics]. Kharkiv, Derzh. un-t kharch. i torhivli, 63 p.

2. Dorokhovych, V. V. (2010). *Naukove obgruntuvannia ta rozroblennia tekhnolohii boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv spetsialnoho diietychnoho pryznachennia* [Scientific substantiation and development of flour technologies of special-purpose confectionery]. Kyiv, 39 p.

3. Safonova, O. M., Tishchenko, L. M., Havrysh, T. V., Kambulova, Yu. V., Pertsevyi, F. V., Lysiuk, H. M., Chorna, N. V. (2012). *Tekhnolohichni vlastyvoli zerna, boroshna i tista* [Technological properties of grain, flour and dough]. Kharkiv, Apostrof Publ., 252 p.

4. Syrokhman, I. V., Tkachenko, A. S. (2017). *Polipshennia spozhyvnykh vlastyvostei i asortymentu pechyva z vykorystanniam netradytsiinoi syrovyny* [Improving the consumer properties and range of cookies using non-traditional raw materials]. Poltava, PUET Publ., 151 p.

5. Lozova, T. M., Syrokhman, I. V. (2017). *Naukove obgruntuvannia polipshennia spozhyvnykh vlastyvostei boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv z vykorystanniam pryrodnoi netradytsiinoi syrovyny* [Scientific substantiation of improvement of consumer properties of flour confectionery products with use of natural unconventional raw materials]. Lviv, LTEU Publ., 328 p.

6. Kravchenko, M. F. (2017) *Innovatsiini tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv* [Innovative technologies of food production]. Kyiv, Kondor Publ., 374 p.

7. Abdel-Moemin, Aly R. (2015). Healthy cookies from cooked fish bones. *Food Bioscience*, vol. 12, pp. 114–121. doi : 10.1016/j. fbio.2015.09.003.

8. Fedorova, D. V. (2016). *Fyzyko-khimichni i biokhimichni pokaznyky yakosti sukhykh rybo-roslynnykh napivfabrykativ* [Physico-chemical and biochemical quality indicators of dry fish and plant semi-finished products]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii* [Technical sciences and technologies: Scientific journal Chernihiv National technology University], № 3 (5), pp. 217–233.

9. Pavlov O. V. (Ed.) (2018). *Zbirnyk retseptur boroshnianykh kondyterskykh i zdobnykh bulochnykh vyrobiv* [Recipe book of flour confectionery and capable bakery]. Kyiv, Prof. Book Publ., 848 p.

*Objective of this study to study the influence of dry fish and plant semi-finished products on the structural and mechanical properties and quality indicators of sugar dough pastry, to justify the rational concentration and technology of using dry fish and plant semi-finished products in sugar cookies, to investigate the nutritional value of products.*

**Methods.** Sampling for the study was carried out according to GOST ISO 6498: 2006. Ready to eat cookies were evaluated organoleptically according to GOST 5897-90. Wetting of finished products was determined according to GOST 10114-80. The degree of penetration of the dough masses was performed using a semi-automatic penetrometer «Labor». A conical indenter was used to determine the degree of penetration. The unit of penetration was taken as 0.1 mm immersion of the indenter in the experimental sample.

Structural and mechanical properties of sugar pastry were investigated on a Tolstoy elastoplas-tometer in the mode of constant shear tension [1]. The method is based on the definition of deforma-tion as a displacement related to the thickness of the sample. The usual measure of the process is not deformation, but pliability, ie deformation is attributed to the actual tension. Flexibility under linear behavior is constant and independent of tension. [1].

The total moisture content in the sample was determined by drying at a temperature of 105°C to constant weight, the ash content — by burning a sample with calcination of the mineral residue in a muffle furnace at a temperature of 450... 500 C, fat — by extraction-weight method, pro-tein — modified Kieldal method according to GOST 7636-85, the mass fraction of carbohydrates was determined by the calculation method according to the actual content in the samples of mois-ture, proteins, lipids and minerals. The amino acid composition was investigated by ion-exchange liquid column chromatography on an automatic amino acid analyzer T 339, manufactured by Mi-crotechna, Czech Republic. The mineral composition in the products was determined on an atomic absorption spectrophotometer AAS-30.

**Results.** A set of new data on the effect of dry fish and plant semi-finished products (FPSP) on the structural and mechanical sugar dough, organoleptic properties and nutritional value of sugar dough cookies was obtained. It is established that the use of FPSP in the composition of wheat flour will balance the amino acid composition and increase the Calcium content in the finished products. The technology of using dry fish and plant semi — finished products in the composition of sugar dough hort-bread cookies of high nutritional value is substantiated. It is rational to use 15 % (HM 1:2) hydrated in milk FPSP at the stage of preparation of the emulsion. The consumer advantages of the developed products are proved, which consist in the increase of their nutritional value due to the improvement of the mineral and amino acid composition.

**Key words:** fish and plant semi-finished products, sugar pastry, structural mechanical, organo-leptic properties of sugar pastry, minerals, amino acid score, nutritional value.

*Стадник І. Я., д-р техн. наук, професор<sup>1</sup>*  
*Матенчук Л. Ю., канд. с-г. наук, доцент<sup>2</sup>*  
*Новак Л. Л., канд. с-г. наук, доцент<sup>2</sup>*  
*Федорів В. М., канд. техн. наук, доцент<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна, e-mail: igorstadnykk@gmail.com.

<sup>2</sup> Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна, e-mail: 22102210g@ukr.net.

<sup>3</sup> Подільський державний університет, м. Кам'янець-Подільський, Україна, e-mail: fedoriv55@ukr.net.

### СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАРЦИПАНОВИХ ПАСТ

UDK 664.641.1

*Stadnyk I. Ya., Grand PhD of Engineering Science, Professor<sup>1</sup>*  
*Metenchyk L. U., PhD in Agricultural sciences, Associate Professor<sup>2</sup>*  
*Novak L. L., PhD in Agricultural sciences, Associate Professor<sup>2</sup>*  
*Fedoriv V. M., PhD in Engineering sciences, Associate Professor<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine, e-mail: igorstadnykk@gmail.com.

<sup>2</sup> Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine, e-mail: 22102210g@ukr.net.

<sup>3</sup> Podillia State University, Kaminech-Podilsk, Ukraine, e-mail: fedoriv55@ukr.net.

### STRUCTURAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF MARZIPAN PASTES

**Мета** — дати наукове обґрунтування використання молочної сироватки сухої демінералізованої (МССД) та гліцерину на характеристики модельних композицій марципанових паст. Дослідити технологічну доцільність використання гліцерину у складі марципанових паст з МССД з метою підвищення їх пластичності і піддатливості при збереженні високих формувальних властивостей.

**Методи.** Для досліджень використано: молочна сироватка суха демінералізована, виготовлена із сироватки підсирної із 90 %-м рівнем демінералізації згідно із ТУ У 15.5-00413890-089:2014; марципанова паста, виготовлена за традиційною технологією; модельні системи марципанових паст із додаванням МССД у концентраціях 10–40 % та гліцерину харчового (ТУ У 10.8-40570177-001:2016) у кількості 1–6% від загальної маси сухих компонентів марципанової маси (мигдального ядра та цукрової пудри). Дослідження реологічних властивостей контрольних та дослідних зразків здійснювали за допомогою пласкопаралельного пластометра модифікації Толстого. Дослідження поверхневих характеристик контрольних та дослідних зразків проведено на динамометрі, підключеному до вимірювального приладу MIG-1.3. Міцність адгезії визначали методом нормального відриву сталеві пластина від структурованого тіла (марципанової пасту).

**Результати.** Наведено результати досліджень реологічних і адгезійних характеристик марципанових паст з молочною сироваткою сухою демінералізованою та гліцерином. Встановлений позитивний вплив МССД та гліцерину на характеристики модельних композицій марципанових паст. Підтверджено компонентну сумісність МССД та мигдального горі-

ха. Експериментально встановлено, що МССД та гліцерин призводить до змін структурного стану марципанових паст, змінюючи кількісні значення реологічних характеристик. Підтверджено, що з підвищенням концентрації МССД зростають показники деформації і пластичності. Знижуються показники пружності та еластичності марципанових паст, що в цілому призводить до підвищення формувальної здатності. Проведено вплив на поверхневі властивості марципанових паст із молочною сироваткою сухою демінералізованою та гліцерином. Обґрунтовано технологічну доцільність використання гліцерину у складі марципанових паст з МССД з метою підвищення їх пластичності і піддатливості при збереженні високих формувальних властивостей.

**Ключові слова:** марципанова паста, адгезія, молочна суха сироватка, гліцерин, реологічні властивості, моделювання

**Постановка проблеми.** З виходом країни на новий рівень ринкових відносин змінилась асортиментна політика харчової промисловості взагалі та кондитерської, зокрема. В умовах ринкової конкуренції все більше уваги приділяється рівню естетичності кондитерської продукції. Асортимент кондитерських виробів та напівфабрикатів, що виробляється в нашій країні, різноманітний, безперервно змінюється і нараховує близько 5000 найменувань.

Удосконалення технологічних процесів є один з основних напрямів в харчовій промисловості. Він передбачає вивчення зміни фізико-хімічних властивостей при використанні різноманітних методів впливу на природні сировинні матеріали, які використовуються для харчування людини. Широкі можливості в цьому напрямку відкриваються при створенні таких умов процесу, які забезпечують комплексний вплив на сировину. Тому основними технологічними напрямками в розробці нових видів кондитерських виробів та напівфабрикатів є вдосконалення асортименту продукції для дитячого та дієтичного харчування, збільшення кількості білка, зниження вмісту вуглеводів, і, в першу чергу, цукру. Для вирішення поставленої мети останнім часом широкого застосування набуло додавання різних наповнювачів до складу мас, які збагачують продукт біологічно активними речовинами.

Сучасні оздоблювальні напівфабрикати для кондитерських виробів представлені широким асортиментом різноманітних кремів, помад, пластичних мас з шоколаду, марципану, цукру, малювальних мас, посипань, литих прикрас з карамелі та ін. Особливе місце серед оздоблювальних кондитерських напівфабрикатів займає марципанова маса із суміші сирих ядер мигдалю, абрикосів або горіхів. Внаслідок ексклюзивності органолептичних властивостей та багатofункціональності використання в різних напрямках кондитерського виробництва [1], марципанова паста має необхідний комплекс речовин для організму людини.

Враховуючи високий рівень імпортозалежності, виробництво марципану в Україні обмежене, адже 80 % мигдального ядра, спожитого в Україні, є продуктом закордонного виробництва. Це зумовлює потребу пошуку нових інгредієнтів вітчизняного виробництва, які дозволять зменшити частку імпортозалежної сировини в рецептурах марципанових мас та знизити собівартість готових виробів. При цьому важливо зберігати типовий марципановий смак, аромат і структуру продукту, а також підвищити його біологічну та харчову цінність. Тому удосконалення існуючих технологій марципанових паст повинно ґрунтуватися на використанні нетрадиційної рослинної сировини, спрямованої на підвищення біологічної цінності, зниження енергоємності, покращення смако-ароматичних та функціонально-технологічних властивостей.

Більш жорсткі вимоги споживачів до смакових якостей кондитерських продуктів при обмеженій сировинній базі та зниженні якості вихідної сировини спонукають науковців до створення нового напрямку в кондитерській промисловості — розробки комбінованих харчових продуктів на сировинній основі певних регіонів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Більша частина кондитерських виробів складається з цукру або іншої солодкої речовини (меду, ксиліту, сорбіту), а також патоки,

різних фруктів і ягід, молока, вершкового масла, какао-бобів, ядер горіхів, борошна та інших компонентів. В основному, це солодкі продукти, що відрізняються приємним смаком і ароматом, гарним зовнішнім виглядом, високою харчовою цінністю, калорійністю і доброю засвоюваністю.

В роботі [2] відзначено, що вибір параметрів процесу передбачає проведення комплексних досліджень, які дозволяють виявити характер змін структури і властивостей як окремих компонентів сировини, так і сировинного матеріалу в цілому.

Розроблені технології марципанових паст [3, 4] спрямовані на пошук і дослідження фізіологічних та технологічних властивостей нетрадиційної сировини, яка за вмістом біологічно активних речовин може бути віднесена до так званих функціональних інгредієнтів, вивчення їх впливу на хід приготування та формування якості продукції.

В роботах [5] відзначено, що оптимальну за якістю марципанову масу можна отримати із солодкого мигдалевого горіху із додаванням 1–2% гіркокого. Його обмеженість у використанні обумовлена небезпекою утворення синильної кислоти з амігдаліну.

В роботах [6] визначено шляхи посилення смакових та ароматичних показників марципанових паст. До їх рецептурного складу можливо включати різноманітну нетрадиційну сировину, таку як шрот кави, порошок із цикорію, насіння бундука.

Використання природних підсолоджувачів у технології марципанових паст, а саме: сиропу агави, еритролу, стевіозиду, палатінози, дозволяють в значній мірі зменшити високу калорійність [7]. Відомі технології марципанових мас [7, 8], в яких як наповнювачі використовують різноманітні види лляного, ячмінного, гречаного, кукурудзяного, сочевичного, рисового, горохового борошна, що збільшують внутрішні сили зчеплення компонентів марципанових мас. Такі наповнювачі краще зв'язують вологу і сприяють утворенню більш однорідної і пластичної структури суміші в процесі формування.

Використання добавок для збагачення нутрієнтного складу має значний вплив на зміну кольору та смаку даної продукції. В результаті виникають проблеми при тонуванні марципанової пасти та отриманні відповідної кольорової гами. Це робить даний вид оздоблювального напівфабрикату непридатним для покриття кондитерських виробів та моделювання фігурних оздоблювальних напівфабрикатів.

Процес виробництва паст можна розглядати як сукупність процесів зміни реологічних характеристик утвореного напівфабрикату згідно з рецептурою під дією біологічних, фізичних і механічних чинників. З іншого боку зміна реологічних характеристик впливає на вибір конструкції і режими роботи обладнання. Тому комплекс реологічних (структурно-механічних) властивостей марципанових паст є найважливішим, що передбачає їх стан в найрізноманітніших технологічних процесах та характеризують агрегатний стан, дисперсність, будову, структуру і вид взаємодії.

Встановлено [9], що методи і засоби визначення реологічних характеристик при різних видах деформації впливають на якість продукції. На наш погляд, в роботах [10] наведено деякі приклади розрахунків технологічних процесів і обладнання, що спрямовано на дослідження фізико-механічних властивостей середовища. Такий підхід дозволяє удосконалити та інтенсифікувати технологічний процес, розробити науково обґрунтовані методи розрахунку технології формування марципанових паст.

Відомо [11], що МССД використовують при виготовленні кондитерських виробів як замітник згущеного або сухого молока при виробництві вершкової карамелі, ірису, помадки, глазури, шоколаду. В результаті аналізу літературних і патентних джерел виявлено широке застосування гліцерину в рецептурному складі пастоподібних оздоблювальних напівфабрикатів. Гліцерин [12] в технологіях цукрових паст використовується для зменшення липкості (адгезії) харчової системи, він надає м'якості пастам, покращує формувальні властивості, робить їх більш піддатливими в процесі виготовлення оздоблювальних напівфабрикатів. Це визначає актуальність досліджень щодо доцільності застосування гліцерину у технологіях марципанових паст з МССД.

Актуальність пошуку нових рецептурних інгредієнтів для марципанових мас для часткової заміни мигдального борошна, використання яких може одночасно вирішити

ряд технологічних завдань щодо забезпечення заданих органолептичних і реологічних властивостей, достатньо висока. Одночасно, удосконалення технологічного процесу вимагає оптимального підходу по виборі рецептури марципанових паст й встановлення реологічних зв'язків, що найбільш реальні для рішення задачі при формуванні напівфабрикатів та виробів.

**Мета статті.** Дана робота спрямована на створення та дослідження перспективи використання марципанової пасти на основі раціональної концентрації гліцерину з молочною сироваткою сухою демінералізованою. Оцінка основної закономірності зміни рецептурного складу і властивостей марципанової пасти [10] ґрунтується на оптимальних параметрах і режимах за певних реологічних властивостей. Рецептурний склад встановлює вірогідність отриманих результатів структуроутворення, необхідних для опису споживчих властивостей.

Тому забезпечення в рецептурному складі марципанових паст раціональної концентрації гліцерину з молочною сироваткою сухою демінералізованою заданих (бажаних) реологічних, поверхневих характеристик, дозволить сприяти в тій чи іншій мірі у технологічній доцільності її використання.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Теоретична оцінка адгезії в даний час дуже приблизна, що пояснюється не тільки недосконалістю рівнянь, за якими розраховуються сили міжмолекулярних зв'язків, але й тим, що неможливо оцінити реальну кількість зв'язків, які припадають на одиницю площі. Крім того, важко оцінити справжню площу контакту, яка завжди при візуальній спостереженні значно більша, завдяки наявності шорсткості в поверхневому шарі.

Адгезія [13] як поверхнєве явище пов'язана з реологічними параметрами і характеризує об'ємні властивості марципанових паст. Вона виникає на межі розподілу двох фаз різнорідних конденсованих тіл: марципанова паста — одна фаза, поверхня контакту — друга фаза, що викликає зчеплення. Об'ємні властивості пасти визначають площу контакту двох тіл, що впливає на величину адгезії та її наслідок, який характеризує стан поверхні після видалення прилиплої маси пасти.

У адгезії є супутні явища [9], які характеризують об'ємні властивості харчових мас та істотно впливають на адгезійну взаємодію компонентів марципанових паст. Вплив об'ємних характеристик [11] харчових мас на поверхнєві властивості можна простежити, розглядаючи співвідношення адгезії та когезії. У разі адгезії має місце межа розподілу фаз, для когезії така межа відсутня. Когезія — це опір тіла руйнування, пов'язаного з подоланням сил взаємодії між атомами і молекулами на поверхні розділу і означає зв'язок всередині марципанових паст, тобто в межах однієї фази.

В процесі прикладання зусиль на марципанову пасту при її нанесенні на заготовку відбувається фрекційна взаємодія їх поверхонь. Характер течії маси марципанової пасти у вигляді різного профілю визначається структурно-механічними властивостями та силою взаємодії (прилипання) із поверхнями контакту. Отже, величину адгезії в даному випадку характеризуємо силою відриву, питомою роботою відриву відносно одиниці площі, часом контакту для зміни умов зв'язку між субстратом і адгезивом при дії навантаження. Для цього процесу характерним є максимальне збільшення сил взаємодії пасти із площею контакту заготовки. Порушення цих взаємних співвідношень призводить до випуску неякісної продукції та зменшення ефективності процесу. Явище взаємодії вище згаданих тіл досить мало вивчені, а природа адгезії вимагає дослідження. Природу адгезії пояснюють дифузійною і електричною теорією. Адгезія завжди є результатом міжмолекулярної взаємодії поверхонь, різних за своєю природою.

У харчовій помисловості існує багато процесів, в яких одночасно взаємодіють сили тертя і адгезії. Ці явища виникають при відносному зміщенні контактуючих поверхонь двох тіл. Закон виражає пропорційність сил тертя до нормального навантаження. Деякі дослідники [14, 15] вважають, що єдиною причиною зовнішнього тертя є сили притягання між поверхнями тіл. При адгезії рідких і пружно-пластичних харчових мас може виникати хімічний зв'язок.

Оперуючи такими термодинамічними поняттями, як вільна поверхнева енергія і поверхневий натяг, можна описати деякі етапи адгезійної взаємодії процесу нанесення марципанової пасти на поверхню борошняної кондитерської заготовки (рис. 1). Незважаючи на виключну важливість, процеси змочування і адгезії до цих пір недостатньо зрозумілі, вивчення їх продовжується в усіх розвинених країнах. Дослідників тепер особливо цікавить кінетика змочування, нерівноважне змочування та інші сторони процесів змочування. Природу їх взаємодії розглядаємо як процес, що відбувається на межі контакту трьох фаз. Змочування — це також прояв молекулярних сил, прояв спорідненості адгезиву до субстрату.

В роботі [16] використано методику вивчення поверхневого натягу на межі розділу між фазами, що дозволило отримати дуже достовірні дані досліджень. Вивчення змочування різних субстратів представляє інтерес в тому відношенні, що дозволяє виявити спорідненість адгезиву до субстрату, порівняти молекулярні сили, що діють в різних системах «адгезив — субстрат».

Всі відомі методи і пристрої визначення поверхневого натягу розглянуті і проаналізовані в роботах [14, 15]. Причому, в роботі авторів [17] описані технічні засоби, які дають можливість автоматизувати процес вимірювання.

При нанесенні марципанової пасти на тверду поверхню заготовки, як відзначено раніше, відбувається процес мимовільного збільшення площі контакту та має місце змочування. Шар пасти, що наноситься по поверхні твердої кондитерської заготовки є особливим фізичним об'єктом, форма і структура якої визначено рецептурним складом. В роботі [14] відзначено, що нанесення в'язкої рідини при її текучості залежить від умов зовнішнього середовища і властивостей поверхні, на яку наносять.

Запропоновані марципанові пасти повинні забезпечувати плавне їх нанесення (змочування) поверхні субстрату, а також міжфазовий контакт між адгезивом і субстратом і міжфазну або адсорбційну взаємодія на межі двох фаз. Для досягнення хорошого нанесення пасти (змочування) із хорошою адгезією, необхідно, щоб поверхневий натяг адгезиву був більшим поверхневого натягу субстрату. Явище змочування пов'язано зі співвідношенням поверхневих натягів ( $\sigma$ ) адгезиву і субстрату.

При розробці рецептурного складу марципанових паст було проведено цілий комплекс реологічних досліджень. Для уточнення ролі гліцерину та МССД здійснено планування і постановку обчислювальних експериментів з одержанням відповідних рівнянь регресії. Залежність структурно-механічних властивостей паст від вмісту МССД та гліцерину були побудовані за методом довільного плану експерименту. Область пошуку одержаних даних результатів експериментального масиву оптимальної масової частки МССД та гліцерину в марципанових пастах проведена за відомими методиками та методами статистичного оброблення з використанням відомої методики кореляційного та регресійного аналізу експериментальних результатів з використанням диференціальних операторів програми MathCAD-14 для одержання емпіричних рівнянь регресії, що дозволяє якісно і кількісно оцінити характеристики при підборі інгредієнтів матриці [15]. Нами визначені математичні залежності основних структурно-механічних показників марципанових паст від вмісту гліцерину та МССД, які мають вигляд:

1. За показником міцності:

$$Y_{ПКВ} = -2,35x^2 - 1,25x_1^2 - 3,14x_3^2 + 0,13x_1x_2 - 1,52x_1x_3 + 0,89x_2x_3 + 7,27x_1 + 4,81x_2 - 6,73x_3 + 21,07;$$

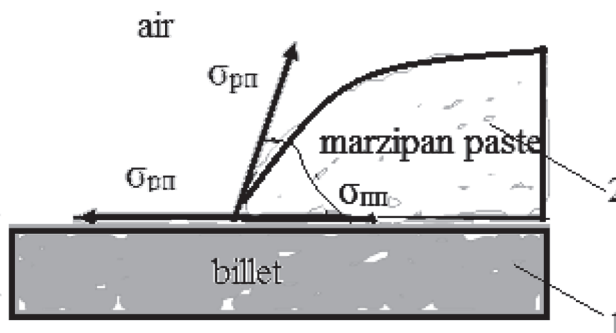


Рисунок 1 — Рівновага сил, що впливає на кут контакту марципанової пасти (2) з поверхнею заготовки (1)

$$Y1_{MФВ} = -1,08x_1^2 - 0,48x_2^2 - 0,26x_3^2 + 0,09x_1x_2 - 0,87x_1x_3 + 1,02x_2x_3 + 5,48x_1 + 3,48x_2 - 4,27x_3 + 7,12$$

2. За показником розтяжності:

$$Y2_{ПКВ} = 116x10^{0,41}x_1 - 0,05x_2^2 - 2,12x_2^2 + 4,67x_1x_2 - 2,37x_1x_3 + 0,16x_2x_3 + 9,67x_1 + 0,44x_2 - 7,56x_3 + 97,14.$$

3. За показником здатності до формування:

$$Y3_{MФВ} = -0,18x_1^2 - 0,73x_2^2 - 261x^2 + 0,04x_1x_2 - 294x_1x_3 + 7,45x_2x_3 + 245x_1 + 357x_2 + 1,54x_3 + 28.$$

де  $Y1_{ПКВ}$  — міцність марципанової пасти, бали;  $Y1_{MФВ}$  — міцність марципанової пасти МФВ, бали;  $Y2_{ПКВ}$  — розтяжність марципанової пасти ПКВ, бали;  $Y3_{MФВ}$  — здатність до формування, бали;  $x_1$  — вміст МЯ та ЦП, %;  $x_2$  — вміст гліцерину, %;  $x_3$  — вміст МССД, %.

Шляхом інтегрування отримано функції та визначено області оптимальних параметрів вмісту гліцерину та МССД у марципанових пастах (табл. 1).

**Таблиця 1** — Область оптимальних параметрів вмісту гліцерину та МССД у марципанових пастах

Моделльні композиції марципанових паст	$X_1$ (гліцерин), %			$X_2$ (МССД) %		
	$X_{1\min}$	$X_{1\max}$	Оптимальне значення	$X_{2\min}$	$X_{2\max}$	Оптимальне значення
Марципанова паста (МФВ)	4,8	5,3	5,0	27,0	33,7	30,0
Марципанова паста (ПКВ)	4,4	4,5	5,0	18,2	22,4	20,0

Оптимальні значення обрані шляхом заокруглення оптимізованих значень в межах компромісних областей з метою полегшення дозування компонентів рецептури марципанових паст у виробничих умовах.

**Висновки.** Вивчення процесів нанесення марципанових паст на кондитерські напівфабрикати дозволило визначити і обґрунтувати раціональність їх рецептурного складу. Відповідно були визначені змінні фактори, критерії оптимізації, а також знайдена область визначення факторів. За результатами реологічних досліджень встановлено, що не рекомендується збільшувати концентрацію гліцерину понад 5 %. Методом компромісних рішень визначено зони раціональних концентрацій МССД та гліцерину у складі марципанових паст. Підтверджено можливість внесення МССД у рецептурний склад марципанових паст у концентрації 10–20 %, що дає змогу покращити їх сенсорні, технологічні та функціональні властивості. Визначені реологічні характеристики дозволять якісного виготовлення кондитерських виробів.

#### Список літератури

1. Тамова М. Ю., Щикарев А. Н., Басюк А. С. Тенденції та інновації світової кондитерської галузі. *Научные труды КубГТУ*. 2015. Вип. 14. С. 176–183.
2. Сирохман І. В., Лозова Т. М. Товарознавство цукру, меду, кондитерських виробів : підручник. Київ : Центр навчальної літератури. 2008. 616 с.
3. Apet T. K., Pashuk Z. N. Handbook of confectionery production technologist. SPb : GIORD. 2004. 560 p.
4. Pat. 2015152421. Method of production of marzipan tiles: US Pat. 2616785 Russia; declared 07.12.2015; publ. 18.04.2017, Bull. No 11.
5. Чорна Г. А., Савенкова Т. В., Сидоровац О. С., Голуб О. В. Кондитерські вироби для здорового харчування. *Продукти харчування та сировина*. 2015. Вип. 3. № 1. С. 40–48. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-8189-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-8189-5_1).
6. Adamson, A. W., Gast, A. P. (2007). Physical chemistry of surfaces: 6th ed. New York, USA: Wiley-Interscience, 804 p.
7. Pat. No. 20150211. (2015). Method of production of marzipan tiles for functional purposes: US Pat. 2583090 Russia. No; declared 11/02/2015; publ. 08.04.2016, Bull. No 13.



8. Pat. No. 20150141. (2016). Confectionery mixture for making persipan: S Pat. 2592109 Russia; declared 14.04.2015; publ. 28.06.2016, Bull. No 20.
9. Stadnyk, I., Piddubnyi, V., Karpyk, H., Kravchenko, M., Hidzhelitskyi, V. (2019). Adhesion effect on environment process injection. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 13, no. 1, pp. 429–437. <https://doi.org/10.5219/1078>.
10. Kravchenko, M., Rybchuk, L., Fedorova, D., Romanenko, R., Piddubnyi, M., Danyliuk, V., Palamarek, K., Marusyak, T., Nezveshchuk-Kohut, T. Determining the rational concentration of dry demineralized whey in a formulation for marzipan pastes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 1/11. No. 103. P. 22–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.192505>.
11. Kozlova O. A. Study of Properties of Structure-Stabilizing Agents for Products Based on Dairy Raw Materials. *Foods and Raw Materials*. 2014. Vol. 2. № 2. P. 16–25. <https://doi.org/10.12737/5455>.
12. Гуленко Л., Сибілева Є., Животкевич Л. Рецепт: тістечка, бісквіти, булочки. Київ : Укрхлібпром, 2013. 600 с.
13. Adamson, A. W. (2006). Physical chemistry of surfaces. 3 rd ed. New York, USA: Wiley-Interscience, 698 p.
14. Zeynep, F., Sifa, T. (2014). Determination of the effects of some artificial sweeteners on human peripheral lymphocytes using the comet assay. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*, vol. 6, no. 8, pp. 147–153. <https://doi.org/10.5897/JTEHS2014.0313>.
15. Fernandez, M. L., Santos, M. E. (2018). Effects of consuming sweeteners on metabolic disorders. *Journal of Nutrition, Food Research and Technology*, vol. 1, no. 2, pp. 34–38. <https://doi.org/10.30881/jnfrt.00008>.
16. Shanina, O., Galyasnyj, I., Gavrysh, T., Dugina, K., Sukhenko, Y., Sukhenko, V., Miedvedieva, N., Mushtruk, M., Rozbytka, T., Slobodyanyuk, N. (2020). Development of gluten-free non-yeasted dough structure as factor of bread quality formation. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 13, 2019, no. 1, pp. 971–983. <https://doi.org/10.5219/1201>.
17. Fisher, L. R. (2019). Measurement of Small Contact Angles for Sessile drops. *Col. Inter. Sci.*, vol. 72, no. 2, pp. 200–205. [https://doi.org/10.1016/0021-9797\(79\)90101-2](https://doi.org/10.1016/0021-9797(79)90101-2).

### References

1. Tamova, M. Y., Shchikarev, A. N., Basyuk, A. S. (2015). *Tendentsii ta innovatsii svitovoi kondyterskoi haluzi* [Trends and innovations of the global confectionery industry]. *Nauchnye trudy KubGTU* [Scientific works of KubSTU], Vol. 14, pp. 176–183.
2. Sirohman, I. V., Lozova, T. M. (2008). *Tovaroznavstvo tsukru, medu, kondyterskykh vyrobiv* [Commodity of sugar, honey, confectionery]. Kyiv, Center for Educational Literature, 616 p.
3. Apet, T. K., Pashuk, Z. N. (2004). Handbook of confectionery production technologist. SPb, GIORD Publ., 560 p.
4. Pat. No. 2015152421 (2015). Method of production of marzipan tiles: US Pat. 2616785 Russia; declared 07.12.2015; publ. 18.04.2017, Bull. No 11.
5. Chorrna, G. A., Savenkovab, T. V., Sidorovac, O. S., Golub, O. V. (2015). *Kondyterski vyroby dlia zdorovoho kharchuvannia* [Confectionery goods for ealthy diet]. *Produkty kharchuvannia ta syrovyna* [Foods and Raw Materials], vol. 3, no. 1, pp. 40–48. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-8189-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-8189-5_1).
6. Adamson, A. W., Gast, A. P. (2007). Physical chemistry of surfaces: 6th ed. New York, USA: Wiley-Interscience, 804 p.
7. Pat. No. 20150211 (2015). Method of production of marzipan tiles for functional purposes: US Pat. 2583090 Russia. No; declared 11/02/2015; publ. 08.04.2016, Bull. No 13.
8. Pat. No. 20150141 (2016). Confectionery mixture for making persipan: S Pat. 2592109 Russia; declared 14.04.2015; publ. 28.06.2016, Bull. No 20.
9. Stadnyk, I., Piddubnyi, V., Karpyk, H., Kravchenko, M., Hidzhelitskyi, V. (2019). Adhesion effect on environment process injection. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 13, no. 1, pp. 429–437. <https://doi.org/10.5219/1078>.

10. Kravchenko, M., Rybchuk, L., Fedorova, D., Romanenko, R., Piddubnyi, M., Danyliuk, V., Palamarek, K., Marusyak, T., Nezveshchuk-Kohut, T. (2020). Determining the rational concentration of dry demineralized whey in a formulation for marzipan pastes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 1/11, no. 103, pp. 22–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.192505>.
11. Kozlova, O. (2014). A Study of Properties of Structure-Stabilizing Agents for Products Based on Dairy Raw Materials. *Foods and Raw Materials*, vol. 2, no. 2, pp. 16–25. <https://doi.org/10.12737/5455>.
12. Gulenko, L., Sibileva, E., Zhyvotkevych, L. (2013). *Retsepty: tistechka, biskvity, bulochky* [Recipes: cakes, sponge cakes, rolls]. Kyiv, UKRKHLPROM Publ., 600 p.
13. Adamson, A. W. (2006). *Physical chemistry of surfaces*. 3rd ed. New York, USA: Wiley-Interscience, 698 p.
14. Zeynep, F., Sifa, T. (2014). Determination of the effects of some artificial sweeteners on human peripheral lymphocytes using the comet assay. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*, vol. 6, no. 8, pp. 147–153. <https://doi.org/10.5897/JTEHS2014.0313>.
15. Fernandez, M. L., Santos, M. E. (2018). Effects of consuming sweeteners on metabolic disorders. *Journal of Nutrition, Food Research and Technology*, vol. 1, no. 2, pp. 34–38. <https://doi.org/10.30881/jnfrt.00008>.
16. Shanina, O., Galyasnyj, I., Gavrysh, T., Dugina, K., Sukhenko, Y., Sukhenko, V., Miedviedieva, N., Mushtruk, M., Rozbytska, T., Slobodyanyuk, N. (2020). Development of gluten-free non-yeasted dough structure as factor of bread quality formation. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 13, 2019, no. 1, pp. 971–983. <https://doi.org/10.5219/1201>.
17. Fisher, L. R. (2019). Measurement of Small Contact Angles for Sessile drops. *Col. Inter. Sci.*, vol. 72, no. 2, pp. 200–205. [https://doi.org/10.1016/0021-9797\(79\)90101-2](https://doi.org/10.1016/0021-9797(79)90101-2).

**Objective** is to give a scientific justification for the use of dry demineralized whey (DDW) and glycerin on the characteristics of model compositions of marzipan pastes. To investigate the technological feasibility of using glycerin in the composition of marzipan pastes with DDW in order to increase their plasticity and pliability while maintaining high molding properties.

**Methods.** For research used: dry demineralized whey, made from cheese whey with 90 % level of demineralization according to TU U 15.5-00413890-089: 2014; marzipan paste made using traditional technology; model systems of marzipan pastes with the addition of DDW in concentrations of 10–40 %, and food glycerin (TU U 10.8-40570177-001: 2016) — 1–6% of the total mass of dry components of marzipan mass (almond kernel and powdered sugar). The study of the rheological properties of the control and experimental samples was carried out using a plane-parallel plastometer of the Tolstoy modification. The study of the surface characteristics of the control and prototypes was carried out on a dynamometer connected to a MIG-1.3 measuring device. The adhesion strength was determined by the method of normal tearing of a steel plate from a structured body (marzipan paste).

**Results.** The results of researches of rheological and adhesion characteristics of marzipan pastes with DDW and glycerin are given. The positive effect of dry demineralized whey and glycerin on the characteristics of model compositions of marzipan pastes has been established. The component compatibility of DDW and almonds has been confirmed. It has been experimentally established that DDW and glycerin lead to changes in the structural state of marzipan pastes, changing the quantitative values of rheological characteristics. It is confirmed that with increasing DDW concentration, the indicators of deformation and plasticity increase. The indicators of elasticity and resilience of marzipan paste decrease, which in general leads to an increase in molding ability. The surface effect on the properties of marzipan pastes with dry demineralized whey and glycerin was carried out. The technological expediency of using glycerin in the composition of marzipan pastes with DDW to increase their plasticity and pliability while maintaining high molding properties is substantiated.

**Key words:** marzipan paste; adhesion; dry demineralized whey; glycerin; rheological properties; modeling.

*Слащева А. В., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*

*Пусікова О. А., асистент<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Кривий Ріг, Україна, e-mail: slashcheva@donnuet.edu.ua.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ  
ОВОЧЕВО-ЯГІДНИХ СМУЗІ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ  
НИЗЬКОЕТЕРИФІКОВАНОГО ПЕКТИНУ**

UDC 664.5:664.87

*Slashcheva A. V., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*

*Pusikova O. A., Assistant Professor<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Mykhailo Tuhan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade, Kriviy Rih, Ukraine, e-mail: slashcheva@donnuet.edu.ua.

**STUDY OF QUALITY AND SAFETY INDICES OF VEGETABLE AND BERRY SMOOTS  
WITH HIGH CONTENT OF LOW ETHERIFIED PECTIN**

**Мета.** *Визначити основні показники якості та безпеки смузі на основі напівфабрикату на основі пюре гарбуза та плодів обліпихи з підвищеним вмістом низькоетерифікованого пектину.*

**Методи.** *Відбір проб проводився згідно вимогам ДСТУ ISO 874-2002, готування проб до лабораторних аналізів — згідно ДСТУ 7040:2009. При дослідженні фізико-хімічних показників визначалися: вміст сухих речовин у сировині — за ДСТУ ISO 751-2004; масову частку розчинних сухих речовин — рефрактометричним методом за ДСТУ ISO 2173:2007; рН — за ДСТУ 6045:2008; масову частку титрованих кислот (у перерахунку на яблучну кислоту) — за ДСТУ 4957:2008; вміст аскорбінової кислоти — за Б. П. Плешковим; вміст поліфенольних речовин — методом Фоліна-Чокольтеу; мінеральний склад — атомно-абсорбційним методом з використанням хроматографа Z-8000 (Хітачі, Японія). Відбір проб для мікробіологічного аналізу проводився за ГОСТ 26668-85, підготовка проб здійснювалася за ГОСТ 26669-85, культивування мікроорганізмів — за ГОСТ 26670-91. Визначення дріжджів та пліснявих грибів проводилося за ГОСТ 10444.12-88, бактерій групи кишкових паличок за ГОСТ 30518-97, молочнокислих мікроорганізмів за ГОСТ 10444.11-94. Визначення токсичних елементів здійснювалося: кадмію — за ДСТУ ISO 6561:2004, свинцю — за ДСТУ ISO 6633:2001, миш'яку — за ДСТУ ISO 6634:2004, цинку — за ДСТУ ISO 6636-2:2004, ртуті — за ДСТУ ISO 6637:2001.*

**Результати.** *Встановлено, що за мікробіологічними та токсикологічними та радіологічними показниками розроблені смузі не перевищують встановлених гранично-припустимих концентрацій та відповідають вимогам стандартів. Розроблені смузі мають ряд переваг порівняно із контролем (смузі яблучним) за фізико-хімічними показниками: вміст золи вищий у 4,3–4,4 рази (за рахунок підвищеного вмісту калію, кальцію, магнію та фосфору), вміст каротиноїдів — у 1,9–4,6 разів, пектинів — у 1,4 рази (смузі десертний) та у 1,3 рази (смузі пряний).*

**Ключові слова:** *гарбуз, обліпиха, низькоетерифіковані пектини, смузі, показники безпеки, показники якості.*

**Постановка проблеми.** Одним із шляхів вирішення проблеми адекватного харчування є створення принципово нової продукції, призначеної для щоденного вживання. Серед таких продуктів харчування в особливу групу слід виділити смузі, які наразі є надзвичайно популярними та здатні збагатити раціони харчування мінеральними

речовинами, вітамінами, харчовими волокнами, в тому числі пектиновими речовинами [1, 2].

Для отримання смузі та соків із м'якоттю з високим вмістом біологічно активних речовин в нашій країні та за кордоном використовують різноманітну сировину, але особливу цінність в даному відношенні представляють рослини із підвищеним вмістом пектинових речовин [3]. Незважаючи на всі позитивні моменти від вживання пектинових речовин, актуальною проблемою є їх нестача у раціонах харчування, що пов'язано зі зниженням вживання овочів, плодів та ягід у натуральному вигляді та продуктів їх переробки [4, 5]. Одними зі шляхів вирішення цієї проблеми є додавання препаратів пектину в ході технологічного процесу в продукти харчування (наприклад, при виробництві хлібобулочних та кондитерських виробів, молочних продуктів тощо) [6] або розробка готових до вживання продуктів із підвищеним вмістом пектинів [7].

Одним з перспективних продуктів переробки плодів, що можуть виступати в якості компонентів смузі, є пастоподібні напівфабрикати з підвищеним вмістом низькоетерифікованих пектинів [8]. Найсучаснішим способом підвищення виходу пектинів є обробка пектинвмісної сировини ферментними препаратами [9, 10].

У зв'язку з вищезазначеним розробка технології смузі з підвищеним вмістом низькоетерифікованих пектинів та високими органолептичними характеристиками є актуальною. Це дозволить суттєво збагатити раціон людини біологічно активними речовинами, харчовими волокнами, поліпшити органолептичні показники страв і якісний склад їжі в цілому.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз літературних джерел виявив, що на даному етапі розвитку харчових технологій високоетерифіковані використовуються здебільшого як харчова добавка, тобто для досягнення певних технологічних цілей, де найбільше значення мають саме драглеутворююча, емульгуюча та стабілізуюча здатності. Однак, з фізіологічно функціональної точки зору, однією з найважливіших властивостей пектинових речовин є їхня комплексоутворююча здатність, яка заснована на взаємодії емокуронової кислоти (похідної пектину) з іонами важких та радіоактивних металів [11]. Ця властивість дає підставу рекомендувати пектин для введення в раціон харчування осіб, що перебувають в середовищі, забрудненому радіонуклідами та металевими ксенобіотиками. Сучасні продукти харчування є також фактором контамінації до організму людини таких ксенобіотиків, як пестициди, діоксини, нітрати, гормональні препарати, антибіотики тощо, які потребують зв'язування та виведення з організму. Встановлено, що найбільшою комплексоутворюючою здатністю володіють низькоетерифіковані пектини, використання яких як харчових добавок обмежене у зв'язку з їх невисокою драглеутворюючою здатністю, тому джерелом їх у харчуванні виступають свіжі рослинні продукти (овочі та фрукти) або продукти на їх основі [12].

Аналіз технології і складу традиційних смузі показав, що продукти відповідають вимогам нормативної документації за якісними показниками, при цьому увага на біологічній цінності не акцентується. Її значно знижує проведення термічної обробки, під час якої відбувається руйнування лабільних біологічно активних речовин сировини. Слід відзначити, що асортимент таких смузі носить обмежений характер, тому науковці пропонують нові види фруктових смузі та технології їх реалізації, при цьому вирішуються задачі створення принципово нових продуктів профілактичного призначення, з прогнозованими властивостями, а також розширення їх асортименту.

Серед пріоритетних завдань, які ставлять перед собою науковці, слід виділити розробку нових технологій, що передбачають використання помірних режимів обробки сировини для максимального збереження її наживних властивостей; купажування різноманітної сировини, якій притаманні специфічні властивості з метою їх взаємодоповнення та отримання продуктів з новими якісними показниками, що принципово відрізняються від існуючих; введення до складу смузі інгредієнтів, які зумовлюють задані властивості готового продукту; заміна компонентів на більш цінні у харчовому відношенні.

Однак привертає увагу той факт, що український ринок здебільшого пропонує продукцію закордонного виробництва з тривалим терміном зберігання, що забезпечується внесеними штучними консервантами та проведенням теплової стерилізації і негативно впливає на збереження біологічно активних речовин. Поряд з тим смузі вітчизняного виробництва майже відсутні, завдяки чому виникає необхідність продовжувати пошук технологій та розробляти рецептури нових видів смузі, які б відповідали сучасним вимогам якості та безпечності.

Нами запропоновано ресурсозберігаючу технологію овочево-ягідного напівфабрикату на основі пюре гарбуза та плодів обліпихи, який дозволяє отримати продукт з підвищеним вмістом низькоетерифікованих пектинів. Розроблений напівфабрикат у вигляді смузі рекомендовано також для використання в технологіях топінгів для напоїв, коктейлів, кондитерських виробів, десертів [13].

Специфіка сировини та технології напівфабрикату на основі пюре гарбуза та плодів обліпихи з підвищеним вмістом пектину потребують детального дослідження показників безпеки готових смузі на його основі, оскільки безпечність харчових продуктів є одним з основних пріоритетів при розробці нових харчових продуктів.

**Мета статті.** Метою даної роботи є визначення основних показників якості та безпечності смузі на основі пюре гарбуза та плодів обліпихи з підвищеним вмістом низькоетерифікованого пектину.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Дослідження якісних показників продукції проводили інструментальними методами.

Для отримання об'єктивних даних про цінність розроблених смузі було проведено фізико-хімічні дослідження, результати яких наведені у таблиці 1. Встановлено (табл. 1), що отримані смузі характеризуються високим вмістом сухих розчинних речовин, які знаходяться в легкій для засвоювання формі.

Сухі речовини в смузі представлені, переважно, пектинами, моно- та дисахаридами. Найнижчим вмістом простих цукрів характеризується смузі «Бурштиновий» пряний.

**Таблиця 1** — Фізико-хімічні показники якості смузі (n=3, ≤0,05)

Найменування продукту	Масова частка, %			Пектинові речовини, %	β-каротин, 10 <sup>-3</sup> %
	сухі розчинні речовини	моно- та дисахариди	титровані кислоти		
Смузі яблучний № 907	18,3	14,9	0,3	4,12	21,33
Смузі «Бурштиновий» десертний	22,1	12,8	0,8	5,52	70,15
Смузі «Бурштиновий» пряний	21,9	5,6	0,8	5,44	68,22

Вміст титрованих кислот, які приймають участь у формуванні аромату та смаку, в яблучному смузі нижчий, ніж у смузі «Бурштиновий» на 0,50...0,57 %, що робить їх більш цінними. Найвищий їх вміст виявлено у смузі «Бурштиновий» десертному. Наявність кислот зумовлена рецептурним складом смузі, які в натуральному вигляді характеризуються високою кислотністю.

Рівень безпеки смузі характеризують їх мікробіологічні та токсикологічні показники (табл. 2–3). Проведеними дослідженнями доведено (табл. 4), що у виготовлених смузі «Бурштиновий» бактерії групи кишкової палички, молочнокислі мікроорганізми, дріжджі в дм<sup>3</sup> та 1,0г не виявлені; кількість МАФАНМ в 1 г становить 1×10<sup>1</sup> КУО, пліснявих грибків в 1 г КУО, що не перевищує встановлених норм.

До показників, що нормуються у смузі, відносять токсикологічні елементи, які представлені в таблиці 3.

**Таблиця 2** — Мікробіологічні показники смузі (n = 3, ≤0,05)

Показник	Допустимий рівень	Фактичне значення	
		смузі «Бурштиновий» десертний	смузі «Бурштиновий» пряний
Кількість мезофільних аеробних й факультативно анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1,0 г, не більше	5,0×10 <sup>1</sup>	1×10 <sup>1</sup>	1×10 <sup>1</sup>
БГКП (колі-форми) в дм <sup>3</sup>	Не допускається	Не ідентифіковано	
Молочнокислі мікроорганізми, КУО в 1,0 г	Не допускається	Не ідентифіковано	
Дріжджі, КУО в 1,0 г	Не допускається	Не ідентифіковано	
Плісняві гриби, КУО в 1,0 г	Не більше 5,0	1,0	1,0

**Таблиця 3** — Результати токсикологічних досліджень солодких смузі (n = 3, ≤0,05)

Показник	Одиниця вимірювання	Гранично допустимі рівні, мг/кг, не більше ніж	Фактичне значення, мг/кг	
			смузі «Бурштиновий» десертний	смузі «Бурштиновий» пряний
Свинець	мг/кг	0,4	0,15±0,01	0,12±0,01
Кадмій	мг/кг	0,03	Не ідентифіковано	Не ідентифіковано
Миш'як	мг/кг	0,2	Не ідентифіковано	Не ідентифіковано
Ртуть	мг/кг	0,02	Не ідентифіковано	Не ідентифіковано
Мідь	мг/кг	5,0	1,26±0,02	1,09±0,02
Цинк	мг/кг	10,0	0,53±0,01	0,49±0,01

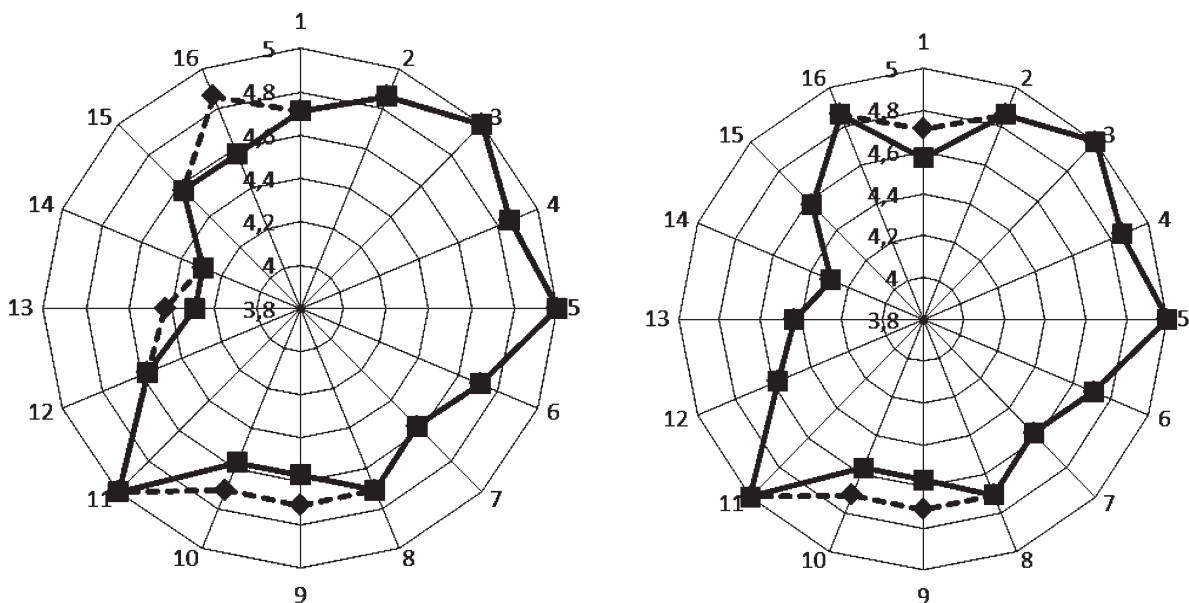
Результати досліджень токсикологічних показників доводять, що смузі, виготовлені за розробленими рецептурами відповідають вимогам стандартів.

Специфіка сировини і технології розробленого напівфабрикату вимагають детального дослідження показників безпеки готових консервованих смузі на його основі. Згідно нормативної документації за період зберігання (до 90 діб в консервованому вигляді) в продукті не повинно відбуватися процесів, які вплинуть на зміну якісних властивостей смузі. Для встановлення змін якості смузі «Бурштиновий» (десертного і пряного) проводилися дослідження органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками. Показники якості визначали до і після зберігання протягом 90 діб.

Для визначення змін органолептичних показників смузі при зберіганні було розроблено шкалу сенсорної оцінки, яка представлена графічно у вигляді окремих дескрипторів на кругових органолептичних профілях, де величина кожної зі складових органолептичної оцінки відзначена за 5-бальною шкалою. Після визначення органолептичних показників були побудовані органолептичні профілі (рис. 1) з виділенням наступних дескрипторів: зовнішній вигляд (1 — однорідність; 2 — плинність); консистенція (3 — щільність; 4 — в'язкість); колір (5 — інтенсивність; 6 — чистота; 7 — однорідність; 8 — натуральність); запах (9 — чистота; 10 — виразність; 11 — збалансованість); смак (12 — солодкість; 13 — інтенсивність; 14 — однорідність; 15 — текстура; 16 — натуральність).

Як свідчать результати дослідження (рис. 1), після 90 діб зберігання в смузі десертному було відзначено незначне зниження вираженості запаху, а також інтенсивності і натуральності смаку обліпихи, а в смузі пряному знизилася гладкість поверхні, блиск і виразність запаху прянощів.

Таким чином, за результатами фізико-хімічних, органолептичних, мікробіологічних та токсикологічних досліджень встановлено, що смузі відповідають вимогам якості та безпечності. Отримані результати будуть використані при розробці технічних умов для нових смузі.



Смузі «Бурштиновий» десертний

Смузі «Бурштиновий» пряний

**Рисунок 1** — Органолептичні профілі смузі: — свіжовиготовлені смузі;  
- - - смузі після зберігання.

**Висновки.** У роботі на підставі визначено основні показники безпеки смузі «Бурштиновий» десертного і пряного на основі напівфабрикату з підвищеним вмістом низькоетерифікованого пектину на основі гарбуза та обліпихи. Визначено, що за мікробіологічними та токсикологічними та радіологічними показниками розроблені смузі не перевищують встановлених гранично-припустимих концентрацій та відповідають вимогам стандартів. Фізико-хімічні показники та показники біологічної цінності свідчать, що розроблені смузі мають ряд переваг у порівнянні із контролем (смузі яблучним): вміст золи вищий у 4,3–4,4 рази (за рахунок підвищеного вмісту калію, кальцію, магнію та фосфору), вміст каротиноїдів — у 1,9–4,6 разів, L-аскорбінової кислоти — у 13,1 рази (смузі десертний) та у 4,5 рази (смузі пряний).

Перспективами подальших досліджень у даному напрямку є дослідження зміни показників якості і безпеки розроблених смузі у процесі зберігання та обґрунтування параметрів їх зберігання.

#### Список літератури

1. Saha, D. & Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Food Science and Technology*, vol. 47, issue 6, pp. 587–597. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0162-6>.
2. Steve, W. Cui, Yoon, HyukChang (2014). Emulsifying and structural properties of pectin enzymatically extracted from pumpkin. *Food Science and Technology*, issue 58, vol. 2, pp. 396–403. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.012>.
3. Балацька Н. Ю. Маркетингові дослідження на ринку солодких смузі. *Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг: зб. наук. пр.* 2008. Вип. 2 (8). Ч. 1. С. 282–286.
4. Ptichkina, N. M., Markina, O. A. and Romyantseva, G. N. (2008). Pectin extraction from pumpkin with the aid of microbial enzymes. *Food hydrocolloids*, no. 22, pp. 192–195.
5. Хомич Г. П. Наукові основи технології переробки фруктово-ягідної дикорослої сировини : дис. ... д-ра техн. наук. Одеса, 2012. 366 с.
6. Голубев В. Н., Ильина О. А. Технология овощефруктовых паст с активированным пектином. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2012. №10. С. 32–33.
7. Джамалдинова Б. А. Получение и применение полуфабрикатов дикорастущих плодов для обогащения кондитерских изделий : дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2007. 188 с.

8. Пилипенко И. В. Разработка технологии плодовых соков с повышенной способностью биологически активных веществ : дис. ... канд. техн. наук. Одесса, 2008. 281 с.
9. Козлова Н. А. Совершенствование промышленной технологии плодовоовощных пюре и соков с применением ферментных препаратов : дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2006. 154 с.
10. Хомич Г. П., Ткач Н. І. Використання дикорослої сировини для забезпечення якості харчових продуктів біологічно активними речовинами : монографія. Полтава : ПУСКУ, 2009. 159 с.
11. Шевченко О. В. Технологія солодких страв і смузі із вітапектином та фітосорбентом : дис. ... канд. техн. наук. Київ, 2012. 192 с.
12. Малу́к Л. П., Давидова О. Ю., Балацька Н. Ю. Дослідження радіопротекторних властивостей розроблених смузі з малини та бузини. *Обладнання та технології харчових виробництв*. Вип. 18. Т. 1. С. 302–308.
13. Гніцевич В. А., Слащева А. В., Івашенко М. В. Обґрунтування можливості використання ферментних препаратів у технологіях рослинних напівфабрикатів з підвищеним вмістом пектинових речовин. *Вісник ДонНУЕТ. Серія : Технічні науки*. 2014. № 1 (58). С. 37–45.

### References

1. Saha, D. & Bhattacharya, S. (2010). Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Food Science and Technology*, vol. 47, issue 6, pp. 587–597. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0162-6>.
2. Steve, W. Cui, Yoon, HyukChang (2014). Emulsifying and structural properties of pectin enzymatically extracted from pumpkin. *Food Science and Technology*, issue 58, vol. 2, pp. 396–403. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.012>.
3. Balatska, N. Yu. (2008). *Marketingovi doslidzhennya na rinku solodkih sousiv* [Marketing research on the market of sweet souces]. *Ekonomichna strategiya i perspektivi rozvitku sferi torgivli ta poslug* [], no. 2 (8), pp. 282–286.
4. Ptichkina, N. M., Markina, O. A. and Rummyantseva, G. N. (2008). Pectin extraction from pumpkin with the aid of microbial enzymes. *Food hydrocolloids*, no. 22, pp. 192–195.
5. Homich, G. P. (2012). *Naukovi osnovi tehnologiyi pererobki fruktovo-yagIdnoyi dikorosloyi sirovini* [Scientific bases of technology of processing of fruit and berries wild-growing raw materials], Odessa, 366 p.
6. Golubev, B. N., Ilina, O. A. (2012). *Tehnologiya ovoschefruktovyih past s aktivirovannyim pektinom* [The technology of vegetable and fruit pastes with an activated pectin], *Khranenie i pererobka celkhozsyria*, no.10, pp. 40–42.
7. Dzhamaaldinova, B. A. (2007). *Poluchenie i primenenie polufabrikatov dikorastuschih plodov dlya obogascheniya konditerskih izdeliy* [The receipt and use of semi-wild fruits for enrichment of confectionery products]. Voronezh, 188 p.
8. Pilipenko, I. V. (2008). *Razrabotka tehnologii plodovih sokov s povyishennoy sohranyaemostyu biologicheskii aktivnyih veschestv* [Development of technology for fruit juices with high persistence of biologically active substances. PhD in Engineering sciences thesis], Odessa, 281 p.
9. Kozlova, N. A. (2006). *Sovershenstvovanie promyshlennoy tehnologii plodoovoschnyih pyure i sokov s primeneniem fermentnyih preparatov* [The improvement of industrial technology of fruit and vegetable puree and juices with the use of enzyme preparations. PhD in Engineering sciences thesis], Moscow, 154 p.
10. Homich, G. P. (2009). *Vikoristannya dikorosloYi sirovini dlya zabezpechennya yakostiI harchovih produktiv bIologIchno aktivnimi rechovinami* [Use wild raw materials to ensure the quality of food biologically active substances], Poltava, 159 p.
11. Shevchenko, O. V. (2012). *Tehnologiya solodkih stravi sousiv iz vitapektinom ta fItosorbentom* [Technology sweet dishes and smoothies with capaccino and procorbiscom. PhD in Engineering sciences thesis], Kyiv, 192 p.
12. Malyuk, L. P., Davidova, O. Yu., Balatska, N. Yu. (2008). *Doslidzhennya radioprotekturnih vlastivostey rozroblenih sousiv z malini ta buzini* [Study of radioprotective properties of the developed



smoothies of raspberry and elderberry]. *Obladnannya ta tehnologiyi harchovih virobnitstv* [Food equipment and technologies], no. 18 (1), pp. 302–308.

13. Gnitsevich, V. A., Slashcheva, A. V., Ivashchenko, M. V. (2014). *Obgruntuvannya mozhlivosti vikoristannya fermentnih preparativ u tehnologiyah roslinnyh napivfabrikativ z pIdvischenim vmistom pektinovyh rechovin* [The substantiation of possibility of application of enzymatic preparations in the technologies of vegetable raw materials with a high content of pectin substances]. *Visnik DonNUET, Tehnichni nauki* [DonNUET herald. Technical science], no. 1 (58), pp. 37–45.

**Objective.** *To determine the main indicators of the quality and safety of smoothies on the basis of prefabricated puree of pumpkin and sea-buckthorn fruits with a high content of pectin.*

**Methods.** *Sampling was conducted according to requirements of DSTU ISO 874-2002, the preparation of samples for laboratory tests according to DSTU 7040:2009. Physico-chemical parameters were determined: content of dry substances in raw material — according to DSTU ISO 751-2004; mass fraction of soluble solids — refractometric method according to DSTU ISO 2173:2007; the content of polyphenolic substances — method Volna-Ciocalteu; mineral composition was determined by atomic absorption method using a chromatograph Z-8000 (Hitachi, Japan). Sampling for microbiological analysis was carried out according to GOST 26668-85, sample preparation was carried out in accordance with GOST 26669-85, cultivation of microorganisms GOST 26670-91. Determination of yeasts and molds according to GOST 10444.12-88, of bacteria of group of intestinal sticks according to GOST 30518-97, lactic acid microorganisms according to GOST 10444.11-94. Determination of toxic elements was carried out: cadmium — according to DSTU ISO 6561:2004, lead — according to DSTU ISO 6633:2001, arsenic — DSTU ISO 6634:2004, zinc — according to DSTU ISO 6636-2:2004, mercury — DSTU ISO 6637:2001.*

**Results.** *Found that toxicology, microbiological and radiological indicators of the developed smoothies do not exceed the established maximum permissible concentrations and meets required standards. Developed smoothies have a number of advantages in comparison with the control (Apple smoothies) on physicochemical parameters: ash content above 4.3–4.4 times (due to the high content of potassium, calcium, magnesium and phosphorus), the content of carotenoids — 1.9–4.6-fold, L-ascorbic acid in 13.1 times (dessert smoothies) and 4.5 times (a spicy smoothies).*

**Key words:** *smoothies, semifinished product from pumpkin and sea buckthorn, the high content of pectin, safety indicators, quality indicators.*

# УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

DOI : 10.33274/2079-4827-2021-42-1-82-90

УДК 664.643.1

*Піддубний В. А., д-р техн. наук, професор<sup>1</sup>*

*Паньків Ю. В., аспірант<sup>2</sup>*

*Стадник І. Я., д-р техн. наук, професор<sup>2</sup>*

*Петриченко Є. А., канд. тех. наук, доцент<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ, Україна, e-mail: a.poddubnaya@i.ua.

<sup>2</sup> Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна, e-mail: igorstadnykk@gmail.com.

<sup>3</sup> Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна, e-mail: 22102210g@ukr.net.

## ІНТЕГРОВАНІ РІШЕННЯ І АПАРАТУРНЕ ОФОРМЛЕННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ У ПСЕВДОШАРІ

UDK 664.643.

*Piddubnyi V. A., Grand PhD of Engineering Science,  
Professor<sup>1</sup>*

*Pankiv Yu. V., Graduate student<sup>2</sup>*

*Stadnyk I. Ya., Grand PhD of Engineering Science,  
Professor<sup>2</sup>*

*Petrychenko Ye. A., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine, e-mail: a.poddubnaya@i.ua.

<sup>2</sup> Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine, e-mail: igorstadnykk@gmail.com.

<sup>3</sup> Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine, e-mail: 22102210g@ukr.net.

## INTEGRATED SOLUTIONS AND INSTRUMENT DESIGN OF TRANSITIONAL PROCESSES OF COMPONENT MIXING IN PSEUDOSPAC

**Мета** — дати наукове обґрунтування впливу напірних та енергетичних характеристик струминних пристроїв при забезпеченні оптимальних умов змішування дозуючих компонентів у зваженому стані. Дослідження проводились на змішувачі нової конструкції при приготуванні рідкої опари.

**Методи.** Матеріалами дослідження є енергоефективне, багатофункціонально змінне формування перехідних процесів при змішуванні середовища. Змішування базувалось на створенні моделі синтезу подачі рідинної фази на основі процесу взаємодії з борошном при утворенні однорідної системи. При розробленні математичних моделей застосовано методи теоретичної механіки, математичного аналізу, математичної фізики і сучасні числові методи.

**Результати.** Розкрито перехідний процес створення рідинної суміші, що починається від моменту початку утворення струменя, його взаємодії з борошном. Показано динаміку прирощення об'єму рідинної суміші, що визначається співвідношенням рушійних сил, сил опору та сил інерції системи. Доведено, що саме в режимі перехідного процесу можливе досягнення максимальної здатності змішування.

Для досліджень перехідних процесів змішування компонентів у псевдошарі розроблено лабораторну установку, за допомогою якої визначено напірні і енергетичні характеристики

Надійшла до редакції 12.04.2021 р.

© В. А. Піддубний, Ю. В. Паньків, І. Я. Стадник,  
Є. А. Петриченко, 2021

та встановлено величини конструктивних і режимних параметрів, що забезпечують оптимальні умови процесу. Проведені дослідження ґрунтовані на гідродинамічній теорії вальцювання і теорії подібності. Це дозволило встановити кількісні залежності між геометричними характеристиками робочого простору, властивостями оброблюваного матеріалу і режимами його обробки.

**Ключові слова:** насадка, камера змішування, робоча рідина, енергетична характеристика, енергетичні параметри.

**Постановка проблеми.** До числа перспективних напрямків інтенсифікації процесу змішування в системах «рідина — тверде тіло» при змішуванні, слід застосовувати переведення даної системи в режими комбінованих дискретно-імпульсних взаємодій. Комбінована взаємодія спрямована і має за мету перерозподіл утворених енергетичних потоків на користь зони впливу у вигляді псевдошару та генерації пульсаційних впливів. Теоретичні положення динаміки даних систем під час псевдозмішування потребують подальшого розвитку, в тому числі, і з точки зору інтересів визначення амплітудно-частотних характеристик. Одержання таких даних можливе на основі уявлення про взаємодію рідинної й твердої фаз і утворення середовища, як пружної системи з утвореною в'язкою масою.

Головною перевагою дискретно-імпульсного введення компонентів є можливість переведення дозуючих компонентів і оброблюваного середовища до метастабільних станів. Дана можливість є логічним продовженням дискретно-імпульсної технології у впливі на змішування компонентів і утворення рідинної суміші (опари), що має можливість накопичувати енергетичний потенціал. Важливо [1, 2], що використання розсіювання рідини струменевим пристроєм впливає на досягнення утворення структури суміші оброблюваних компонентів у потоці на молекулярному рівні. Цьому сприяє гідродинаміка утворених потоків та ударні явища взаємодійних потоків.

Моделювання гідродинаміки в утворених потоках суміші стосується використання масових сил для інтенсифікації змішування. При цьому комбінації миттєвих змін сил інерції і їх абсолютних значень можуть бути різними і такими, що на порядок і більше перевищують сили тяжіння.

Ударні явища також супроводжують взаємодію потоків при їх змішуванні. В основу цих явищ [3] покладено принцип Даламбера, закон збереження кількості руху, закон збереження енергії, теорему Ейлера про зміну головного вектора кількостей руху системи матеріальних точок, теорему Жуковського щодо визначення тисків в системах у режимах гідравлічних ударів, спосіб Релея.

При застосуванні конструкцій струминних пристроїв не враховуються специфічні умови їх експлуатації, внаслідок чого приймаються наближені значення конструктивних та експлуатаційних параметрів на основі практичного досвіду їх використання. Недостатнє вивчення питань знижує ефективність та поширеність їх використання при реалізації окремих процесів у хлібопекарській галузі. Це пов'язано з незадовільним вивченням теоретичних питань використання пристроїв при змішуванні пшеничної опари, емульсій, суспензій, тіста і свідчить про актуальність теоретичних та експериментальних досліджень даних систем.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Наявні моделі змішувачів компонентів різних фаз й різної дисперсності не завжди здатні задовольнити вимоги до якості утвореного середовища. За способом підведення енергії, що витрачається безпосередньо на змішування, диспергування, розрізняють наступні способи розпилювання рідини: гідравлічний, механічний, акустичний, електростатичний, електрогідравлічний, ультразвуковий, пневматичний та інші [4]. Вибір типу розпилювання в робочій камері базується на тому, що він не містить обертових елементів. Такий підхід не ускладнює конструкцію самого апарата і не призводить до порушення процесу. Попри значну кількість розроблених конструкцій, ефективність використання струминних пристроїв не завжди відповідає необхідним вимогам, що в значній мірі стримує їх застосування у хлібопекарській галузі.

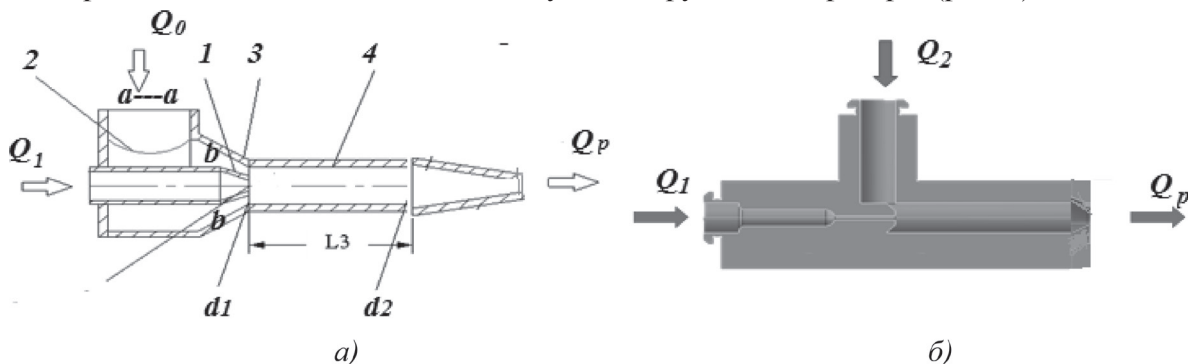
Дисперсний склад розпилу визначається конструкцією форсунки, швидкістю витікання рідини, теплофізичними властивостями та оточуючим середовищем. Швидкість витікання залежить [4], в першу чергу, від тиску перед форсункою і діаметру її отвору. Рідина під тиском через циліндричний канал поступає в циліндричну робочу камеру у вигляді факела дрібнодисперсних краплин. Гідромеханічні ефекти, які виникають при цьому, забезпечують її інтенсивне диспергування [4, 5]. Ступінь диспергування на вході в робочу камеру може виявитись недостатньо високим для забезпечення виконання умов ідеального режиму. Застосування форсунок по периметру камери для розпилювання рідини в цій камері підвищує ефективність роботи змішувача в цілому.

Для забезпечення режиму роботи машини близької до ідеального змішування, автори [5, 6] відзначають необхідність уникнення зайвих енергетичних витрат. Взаємодія компонентів на вході в робочу камеру має бути максимально наближеною до рівноважної. Те саме стосується температури рідинної фази дозування. Проста конструкція струминного пристрою із відсутністю рухомих частин при змішуванні рідин в галузі вивчені недостатньо. В цих умовах зростає роль експериментальних методів досліджень використання струминних пристроїв для підвищення інтенсивності змішування при ефективному застосуванні гідродинамічних впливів. Тому виникла проблема створення обладнання, яке нами розроблено [7, 8], для якісного змішування компонентів із різними фізико-механічними та хіміко-біологічними властивостями. Особлива увага розробки стосується змішування опари, емульсій, суспензій та дозволяє збільшити інтенсивність й скоротити час процесу при мінімумі затрат коштів та енергії. Недостатній об'єм проведених експериментальних досліджень у використанні струминних пристроїв при змішуванні компонентів зумовив вибір мети досліджень, результати яких наведені в даній статті.

**Мета статті** — вплив напірних та енергетичних характеристик струминних пристроїв при забезпеченні оптимальних умов псевдозмішування компонентів дозування.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Матеріалами дослідження є енергоефективне, багатофункціонально змінне формування перехідних процесів при змішуванні середовища. Змішування базувалось на створенні моделі синтезу подачі рідинної фази на основі процесу взаємодії з борошном при утворенні однорідної системи. При розробленні математичних моделей застосовано методи теоретичної механіки, математичного аналізу, математичної фізики і сучасні числові методи.

Задачами дослідження були процеси взаємодії між пристроєм розпилювання змішувальної машини і системою керування із зниженим енергоспоживанням. Дослідження пристрою змішувача для дозування рідини та її взаємодії з дріжджами проводились як в імітаційних програмах (ПП FlowVision) [9], так і експериментальним шляхом. У процесі експериментальних досліджень застосовувався струминний пристрій (рис. 1).



**Рисунок 1** — Загальна конструкція ежектора соплової системи змішувача компонентів (струминний пристрій):

а) класична модель із основними зонами (перерізами) зміни тиску активне:

1 — сопло; 2 — приймальна камера; 3 — пасивне сопло; 4 — камера змішування; 5 — дифузор;

б) 3D-модель розроблена із змінними прохідними перерізами;  $Q_0$  — підведення води в сопловий переріз;  $Q_2$  — вхідні рідкі дріжджі у напірний канал;  $Q_p$  — вивідна змішана рідинна суміш, (вихлопний) канал

Основні конструктивні параметри — це діаметр робочої насадки та співвідношення площ перерізів камери змішування та робочої насадки, що в діапазоні: діаметр робочої насадки від 3 до 25 мм, співвідношення площ перерізів — від 1,5 до 20. Вибір цих параметрів здійснено на основі практичного досвіду використання, виходячи з призначення струминного пристрою конструкції змішувача та самого процесу.

Для дослідження роботи струминного пристрою розроблена лабораторна установка (рис. 2).

Технічна характеристика лабораторної установки: максимальна подача мембранного насоса,  $0,0018 \text{ м}^3/\text{с}$ ; максимальний тиск відцентрового насоса,  $0,04 \text{ МПа}$ ; діаметр робочої насадки, 15, 18, 23, 25 мм; діаметр камери змішування, 40 мм; величина регульованого зазору між робочою насадкою та камерою змішування, 15–30 мм.

Установка складається зі струминного пристрою 1, мембранного насосу 2, приймального резервуару 3, всмоктувальної та вихідної ліній 4 та 5. Приймальний резервуар 3 обладнаний трубою рівнепоказчика 6 та зливним патрубком з вентилям 7. Регулювання режиму роботи мембранного та струминного пристрою здійснюється за допомогою засувки 8, 9, 10, 11.

Засувка 8 дозволяє змінювати подачу насоса шляхом регулювання величини тиску на вхідній лінії. Засувка 9 дає змогу здійснювати регулювання режиму роботи струминного пристрою шляхом зміни величини тиску змішаного потоку, не впливаючи безпосередньо на значення тиску інжектованого потоку. Оскільки розгалуження всмоктувальної лінії струминного пристрою розміщене за потоком після засувки 9, зростання тиску змішаного потоку, викликане зміною ступеня її відкриття, не передається безпосередньо в приймальну камеру. Зміна ступеня відкриття засувки 9 дає можливість регулювати режим роботи струминного пристрою за рахунок зниження або зростання витрати робочого потоку.

Враховуючи обернено-пропорційний зв'язок між напором та витратою насоса, зростання гідравлічного опору його вихідної лінії неминуче викликає зниження витрати потоку. Засувка 10 уможливує регулювання режиму роботи струминного пристрою шляхом зміни подачі мембранного насоса.

Процес планування експериментальних досліджень: визначено показники, що характеризують робочий процес. Режим роботи струминного пристрою (рис. 1) характеризується п'ятьма параметрами:

1. Витрата робочої рідини

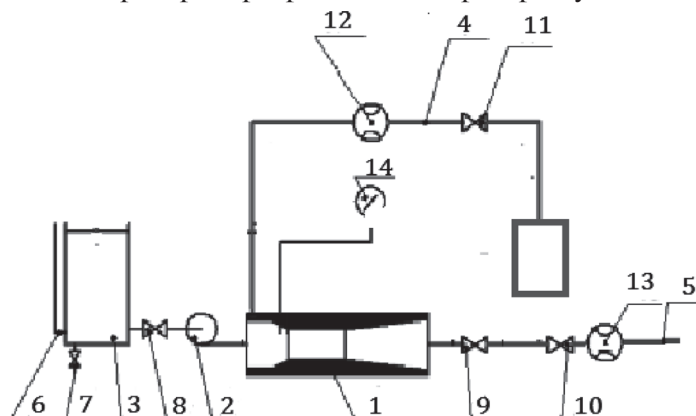
$$Q_1 = V_1 S_1 = V_1 (\pi/4) d_1^2, \quad (1)$$

де  $V_1$  — швидкість робочого потоку у вихідному перерізі робочої насадки;  $S_1$  — площа вихідного перерізу робочої насадки;  $d_1$  — діаметр вихідного перерізу робочої насадки.

2. Корисна подача

$$Q_0 = V_0 S_0 = V_0 (\pi/4) d_0^2, \quad (2)$$

де  $V_0$  — швидкість потоку у вхідному перерізі камери змішування;  $S_0$  — площа потоку у вхідному перерізі камери змішування;  $d_0$  — діаметр камери змішування.



**Рисунок 2** — Схема установки для випробувань струминного пристрою:

- 1 — струминний пристрій; 2 — відцентровий насос (силовий привод постійного струму);
- 3 — приймальний резервуар рідини;
- 4 — всмоктувальна лінія розведених дрiжджiв;
- 5 — вихідна лінія; 6 — рівнепоказчик рідини; 7 — вентиль;
- 8, 9, 10, 11 — засувки;
- 12, 13 — витратоміри; 14 — манометр.

3. Робочий напір, що витрачається, дорівнює різниці напорів робочого потоку на вході в струминний пристрій та на виході з нього:

$$H_p = p_b/\rho g + v_b^2/2g - p_c/\rho g - v_c^2/2g \quad (3)$$

4. Корисний напір, що створюється, дорівнює різниці напорів рідини, що подається за ним та перед ним:

$$H_c = p_c/\rho g + v_c^2/2g - p_a/\rho g - v_a^2/2g. \quad (4)$$

5. ККД струминного пристрою — це відношення корисної потужності до витраченої

$$\eta = H_k Q_0 / H_p Q_1, \quad (5)$$

де:  $H_k$ ,  $H_p$  — робочий та корисний напір;  $p_c$ ,  $p_b$ ,  $p_a$ , — тиск у характерних перерізах струминного пристрою;  $v_c$ ,  $v_b$ ,  $v_a$ , — швидкість потоку у характерних перерізах;  $\rho$  — густина рідини.

Енергія змішаного потоку перевищує енергію корисної подачі  $Q_0$ , але менша енергії робочого потоку  $Q_1$  перед входом в пристрій [9].

Робочий потік води із великою швидкістю із насадки струминного пристрою захоплює середовище розведених дріжджів, що має більш низький тиск (інжектване — пасивне). Відбувається спочатку перетворення потенціальної енергії робочого потоку в кінетичну. Кінетична енергія робочого потоку частково передається пасивному потоку. В проточній частині відбувається вирівнювання швидкостей змішаних потоків, зворотне перетворення кінетичної енергії змішаного потоку в потенціальну. Утворена рідинна суміш поступає в робочу камеру змішувача (рис. 3).

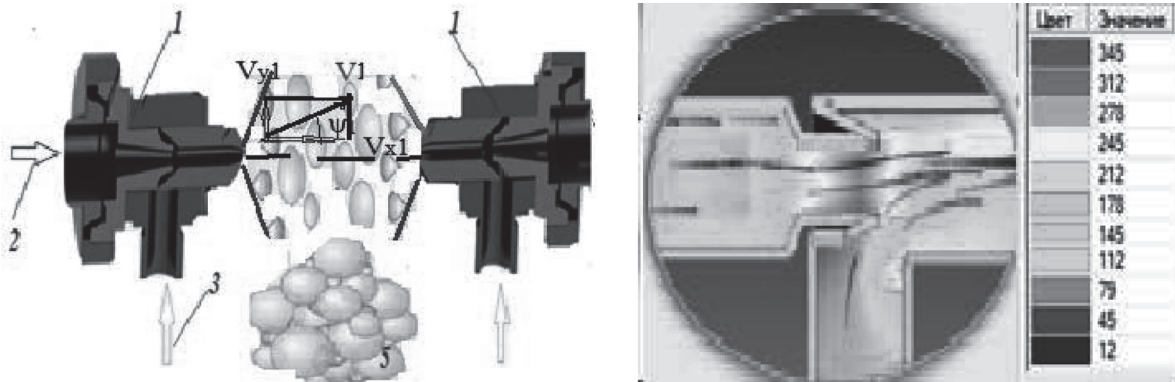


Рисунок 3 — Схема та імітація процесу формування:

а) потоків псевдозмішування;

1 — пристрій розпилювання; 2 — подача води; 3 — подача рідких дріжджів;

б) потоків рідких компонентів розпилювання пристрою

Для уточнення ролі окремих факторів системи здійснено постановку обчислювальних експериментів з одержанням відповідних рівнянь. Авторами [3, 5, 9] розкрито утворення гідродинамічних ефектів, що утворюються у вигляді факела дрібнодисперсних краплин при витіканні із сопла на вході в робочу камеру. Разом з рідиною в камеру надходить певна кількість борошна. При зустрічі з борошном рідкі дрібнодисперсні краплин забезпечують інтенсивне диспергування утвореної рідинної суміші. Завдяки високій швидкості рідини на вході в камеру і низькому тиску (0,015 МПа), всередині камери відбувається інтенсивне зважене взаємне контактування краплин з середовищем борошна. Як наслідок, в об'ємі камери утворюється значна кількість краплинної в'язкої суміші. Вона опускається по циліндричній стінці на дно камери, створюючи умови до рівноважної взаємодії з усією масою компонентів дозування.

Кількісне співвідношення перерозподілу вхідного енергетичного потоку рідинної та твердої фаз при змішуванні вказує на явну перевагу витрат, пов'язаних зі створенням псевдозмішування. На основі принципу суперпозиції зроблено висновок про рівність рушійних сил і сил опору середовищ. Рушійний фактор процесу є рідинна фаза, а її ста-

білізована швидкість вказує на рівність фактора рушійних сил і фактора сил опору середовища. З урахуванням положення про рівність дії і протидії приходимо до висновку про можливість визначення процесу.

Перехідний процес створення рідинної суміші починається від моменту початку утворення струменя, його взаємодія з борошном і до моменту входу суміші на поверхню робочих органів і робочої камери. Оскільки динаміка прирощення об'єму рідинної суміші визначається співвідношенням рушійних сил [10], сил опору та сил інерції системи, то це означає, що саме в режимі перехідного процесу можливе досягнення максимальної здатності змішування.

Оскільки важливими чинниками системи є утримувальна здатність борошна і рівень дисперсності [3], то додаткове енерговведення на рівні гідродинаміки означає точні локалізовані впливи, рівень яких визначається на основі процесів ізотермічного або адіабатного стискання (розширення). Наявність таких даних дає можливість визначення часу перехідних процесів.

В роботі [11] відзначено, що створення гідродинамічних потоків, швидкостей у рідинних середовищах є наслідком змін за його напрямком, масообміну на межі поділу фаз. Оцінка динаміки перебігу таких процесів здійснюється на основі лінійних диференціальних рівнянь процесу, які доповнюються закономірностями зміни парціальних тисків, швидкостей (і сталих насичення). Автор [3] відзначає, що кінцевим результатом розв'язання рівнянь перебігу процесів є визначення їх швидкості та оцінка їх енергетичного потенціалу. На нашу думку, кількісна оцінка величини матеріального потоку рідини і борошна та їх енергетичний потенціал можна здійснювати за методикою, аналогічною щодо масообмінних потоків.

Визначення енергії створення міжфазної поверхні ґрунтується на фізичній суті такого поняття, як поверхневий натяг [3, 5, 11]. Процес утворення вказаної поверхні відбувається в умовах, близьких до ізотермічних, а перехід до швидкості утворення міжфазової поверхні визначає його потужність.

За відомих даних [3, 5], щодо секундних витрат потоку і бажаного рівня дисперсності рідинної фази визначається швидкість генерації поверхні поділу фаз, а з урахуванням поверхневого натягу — потрібна потужність енергетичного потоку для її реалізації.

Таким чином [3, 11], в умовах швидкоплинних деформацій маса рідинної розподіленої фази в робочій камері за способом Релея в еквівалентній схемі визначається як приведена. Наявність стабілізованих гідродинамічних параметрів рідинної системи дає підстави з врахуванням таких характеристик, як приведена маса і жорсткість, здійснювати перехід до одномасової еквівалентної коливальної системи — моделі реального об'єкта [10]. Рушійний фактор в ній визначається добутком зовнішнього тиску на площу поперечного перерізу робочої камери, а протидіючою силою в деформації рідинного середовища виступають пружні сили утворені дозуючим борошном і силами внутрішнього тертя.

Одержана модель дозволяє відслідковувати впливи різних законів зміни швидкостей на динаміку внутрішніх потоків, тисків системи за використання в якості аналітичних моделей диференціальних рівнянь руху другого порядку. При змішуванні компонентів на вирішальне значення утворення суміші мають енергетичні показники рідинної системи. Енергетичне забезпечення систем досягається за рахунок створення комбінованих дій різних конструктивних і технологічних факторів (рис. 3). Схему до структури енергетичних потоків наведено на рис. 4.

У відповідності до схеми енергетичні потоки рідинної фази і борошна витрачаються на енергію створення міжфазної поверхні, потенціальну енергію рідинного шару, кінетичну енергію перемішування середовища та енергетичний потенціал їх взаємодії.

Підґрунтям у визначенні силових і кінематичних параметрів змішувального шару середовища у перехідному процесі є рівняння руху

$$\rho_{pid} F (H_{pid} - x) \dot{x} = \rho_{pid} g u - \rho_{pid} g (H_{zag} - x) F. \quad (6)$$

Його початкові умови:  $t_n = 0$ ;  $x_n = 0$ ;  $\dot{x} = 0$ .

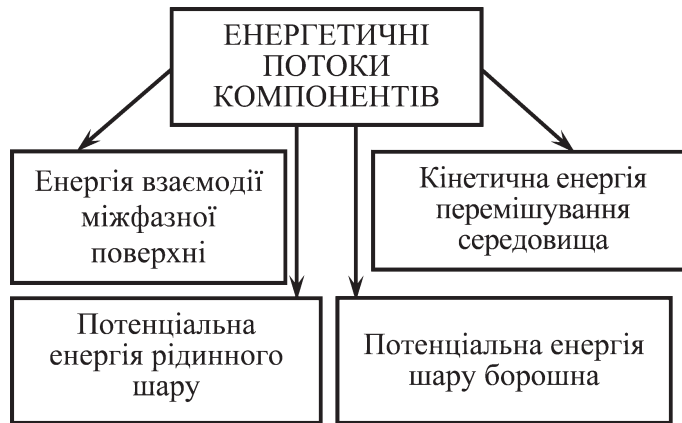


Рисунок 4 — Схема до структури енергетичних потоків

Енергетичний потенціал утвореного шару середовища:

$$E_{\text{раз}} = V_{\text{рід}} c_{\text{н(с)}} P_c \quad (7)$$

де  $V_{\text{рід}}$  — об'єм рідинної фази;  $c_{\text{н(с)}}$  — середня стала насичення по утвореному середовищі опари;  $P_c$  — середній для системи тиск.

Оцінка рівня кінетичної енергії досягалася на основі відносної швидкості рідинного потоку, що є стабілізованим. Це означає рівність рушійних Архимедових сил і сил опору утворюючого середовища. Сумарна Архимедова сила визначається через утримувальну здатність:

$$P_{\text{руш}} = \rho_{\text{рід}} ug = P_{\text{он}} \quad (8)$$

Враховуючи принцип суперпозиції, середня швидкість переміщення рідинної фази у верхніх контурах робочої камери і циркуляційних контурах камери визначається різницею абсолютної швидкості і відносної швидкості:

$$w_{\text{рід}} = w_{\text{абс}} - w \quad (9)$$

При цьому абсолютна швидкість визначається методами гідродинаміки двофазних середовищ насичених бульбашками повітря. За вказаних співвідношень потужність циркуляційних контурів складає:

$$N_{\text{ук}} = \rho_{\text{рід}} ug w_{\text{рід}} \quad (9)$$

Енергія ізотермічного утворення одиниці поверхні на границі з іншою фазою визначається через величину поверхневого натягу  $\sigma$ . Тоді стосовно поверхні  $S$  маємо:

$$E_{\text{ут.н}} = \sigma S, \quad (10)$$

а перехід до швидкості утворення поверхні поділу фаз  $dS/dt$  дозволяє оцінити потужність цього процесу

$$N_{\text{yn}} = \sigma \frac{dS}{dt} \quad (11)$$

Зазначені співвідношення дають можливість перейти до визначення рівня дисперсності у зв'язку з енергетичним забезпеченням цього процесу.

Порівняння сукупності енергетичних впливів з енергією утворення міжфазної поверхні вказує на доцільність локалізації енерговведення в зону такого утворення за рахунок підвищення швидкості контактування компонентів.

**Висновки.** Запропоновано математичну формалізацію оцінки динамічних параметрів квазіпружних середовищ і методики визначення їх кінематичних характеристик. На базі проведених досліджень розроблено алгоритм діагностики системи дозування рідких компонентів із сопловим пристроєм. Розроблено імітаційну модель та визначено характеристики розподілу швидкості руху середовища дозування. На підставі результатів проведено-



го циклу імітаційних і фізичних експериментів вважаємо, що визначальними елементами робочої характеристики змішування у псевдошарі є: 1) струминний пристрій, що забезпечує потрібну течію дозуючих рідинних компонентів; 2) робоча камера змішування з необхідними параметрами; 3) місце розташування сопла і форма його сполучення з поверхнею робочої камери, що забезпечують необхідний розподіл швидкості з поворотом струменя та взаємодією з борошном. Зазначені фактори визначають рівень витратної характеристики і ефективність роботи системи в змішувачі.

### Список літератури

1. Стадник І. Я. Вплив конструкції місильного органу на інтенсифікацію замішування. *Хлібопекарна і кондитерська промисловість України*. 2006. №9. С. 29–33.
2. Юдаев В. Ф. Гидромеханические процессы в роторных аппаратах с модуляцией проходного сечения потока обрабатываемой среды. *Теоретические основы химических технологий*. 1994. Т. 28. №6. С. 581–590.
3. Інтенсифікація тепло- та масообмінних процесів в харчових технологіях: монографія / під ред. д-ра техн. наук, проф. А. І. Соколенка. Київ : Фенікс. 2011. 536 с.
4. Пажи Д. Г., Галустов В. С. Распылители жидкости. М. : Химия. 2009. 216 с.
5. Stadnyk, I., Pankiv, J., Havrylko, P., Karpyk, H. (2019). Researching of the concentration distribution of soluble layers when mixed in the weight condition. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 13, no. 1, pp. 581–592.
6. Доломакін Ю. Ю. Структурно-механічні характеристики рідких хлібопекарських опар. *Ресурс- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції — основні засади її конкурентоздатності: матеріали IV міжнар. спеціаліз. наук.-практ. конф., 8 вересня 2015 р. К. : НУХТ, 2015. С. 59–61.*
7. Змішувач напівфабрикатів: пат. 137278 Україна: МПК А21С1/00 В01F7/00. № u201903951; заявл. 15.04.2019; опубл. 10.10.2019, Бюл. №19.
8. Змішувач рідких напівфабрикатів: пат. 134226 Україна: МПК А21С1/00 В01F7/00. № u201903951; заявл. 12.10.2018; опубл. 10.05.2019, Бюл. № 9.
9. Kryvoplyas-Volodina, L. (2014). Research of dynamic process in the pneumatic cylinder system of double action at the stable movement. *Journal of food and packaging science technique and technologies*, vol. 2, no. 4, pp. 138–142.
10. Stręk, Fryderyk. (2011). Mieszanie i mieszalniki. Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 367 p.
11. Брагинский Л. Н., Бегачев В. И., Барабаш В. М. Перемешивание в жидких средах. *Физические основы и инженерные методы расчета*. Л. : Химия, 1984. 336 с.

### References

1. Stadnyk, I. Ya. (2006). *Vplyv konstruktsii misylnoho orhanu na intensyfikatsiiu zamishuvannia* [Influence of the design of the kneading body on the intensification of kneading]. *Khlibopekarna i kondyterska promyslovisht Ukrainy* [Bakery and confectionery industry of Ukraine], no. 9, pp. 29–33.
2. Yudaev, V. F. (1994). *Hydromekhanicheskiye protsessy v rotornikh apparatakh s moduliatsyei prokhodnoho secheniya potoka obrabatyvaemoi sredi* [Hydromechanical processes in rotary devices with modulation of the flow cross section of the flow of the treated medium]. *Teoretycheskiye osnovy khymycheskykh tekhnolohiy* [Theoretical foundations of chemical technologies], vol. 28, no. 6, pp. 581–590.
3. Sokolenko, A. I. (ed.) (2011). *Intensyfikatsiia teplo — ta masoobminnykh protsesiv v kharchovykh tekhnolohiiakh* [Intensification of heat and mass transfer processes in food technologies]. Kyiv, Phoenix Publ., 536 p.
4. Pazhy, D. H., Halustov, B. C. (2009). *Raspilytely zhydkosty* [Sprayers of liquid]. Moscow, Chemistry Publ., 216 p.
5. Stadnyk, I., Pankiv, J., Havrylko, P., Karpyk, H. (2019). Researching of the concentration distribution of soluble layers when mixed in the weight condition. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, vol. 13, no. 1, pp. 581–592.

6. Dolomakin, Yu. Yu. (2015). *Strukturno-mekhanichni kharakterystyky ridkykh khlibopekarskykh opar* [Structural and mechanical characteristics of liquid baking pans]. Resource and energy-saving technologies of food production and packaging — the basic principles of its competitiveness: materials of the IV International Specialized Scientific and Practical Conference, September 8, 2015. Kyiv, NUHT Publ., pp. 59–61.
7. Semi-finished mixer: US Pat. 137278 Ukraine: publ. 10/10/2019, bull. №19.
8. Mixer of liquid semi-finished products: US Pat. 134226 Ukraine: publ. 10/05/2019, bull. no. 9.
9. Kryvoplyas-Volodina, L. (2014). Research of dynamic process in the pneumatic cylinder system of double action at the stable movement. *Journal of food and packaging science technique and technologies*, vol. 2, no. 4, pp. 138–142.
10. Stręk, Fryderyk. (2011). *Mieszanie i mieszalniki*. Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 367 p.
11. Braginsky, L. N., Begachev, V. I., Barabash, V. M. (1984). *Stirring in liquids environments: Physical foundations and engineering calculation methods*. Chemistry, 336 p.

**Objective** is to give a scientific substantiation of the influence of pressure and energy characteristics of reactive devices while maintaining optimal conditions for mixing dosing components in a suspended state. The research was carried out on a mixer of a new design in the preparation of liquid mash.

**Methods.** The research materials are energy-efficient, multifunctionally variable formation of transients during mixing of the medium. The mixing was based on the creation of a model for the synthesis of the liquid phase supply based on the process of interaction with flour during the formation of a homogeneous system. Methods of theoretical mechanics, mathematical analysis, mathematical physics and modern numerical methods were used in the development of mathematical models.

**Results.** The transient process of creating a liquid mixture, which begins from the moment of formation of the jet, its interaction with flour, is revealed. The dynamics of increasing the volume of the liquid mixture is shown, which is determined by the ratio of driving forces, resistance forces and forces of inertia of the system. It is proved that it is possible to achieve the maximum mixing ability in the transient mode.

For researches of transient processes of displacement of components in a pseudolayer of the developed laboratory establishment, by means of the certain certain national and power characteristics, the big design and mode parameters providing optimum process conditions have been established. The conducted research is based on the hydrodynamic theory of rolling and the theory of similarity. This made it possible to establish quantitative dependencies between the geometrical characteristics of the working space (gap), the properties of the material being processed and the modes of its processing

**Key words:** nozzle, displacement chamber, working system, energy characteristic, power parameters.

*Хорольський В. П., д-р техн. наук, професор<sup>1</sup>*

*Коренець Ю. М., старший викладач<sup>1</sup>*

*Копайгора О. К., асистент<sup>1</sup>*

*Заїкіна Д. П., асистент<sup>1</sup>*

*Литвиненко А. К., студент<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: horolskiy@donnuet.edu.ua.

**ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА АЛГОРИТМИ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ  
ЦИФРОВОГО КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ**

UDC 004.032.26.664.8

*Khorolskiy V. P., Grand PhD of Engineering Science,  
Professor<sup>1</sup>*

*Korenets Yu. M., Senior Lecturer<sup>1</sup>*

*Kopayhora O. K., Assistant Professor<sup>1</sup>*

*Zaikina D. P., Assistant Professor<sup>1</sup>*

*Litvinenko A. K., Bachelor's Degree student<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Mykhailo Tuhan-Baranovskiy Donetsk National University of Economics and Trade, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: horolskiy@donnuet.edu.ua.

**IDENTIFICATION AND ALGORITHMS OF ADAPTIVE SYSTEMS  
DIGITAL CONTROL IN PASTA PRODUCTION**

**Мета.** Метою статті є розробка адаптивних алгоритмів керування виробництвом макаронних виробів в умовах невизначеності на основі безлюдних технологій, що базуватимуться на досягненні високого ступеня автоматизації технологічних процесів за рахунок використання робототехнологічних комплексів, Промислового Інтернету-речей (ІІоТ) та інформаційно-комунікаційних технологій.

**Методи.** Методичну основу досліджень складають методи: конструювання оптимальних адаптивних регуляторів з обґрунтуванням способів ідентифікації складних технологічних процесів виробництва макаронних виробів; статистичні методи оцінки динамічних параметрів сировини та вимог до якісних характеристик продукту харчування; імітаційні дослідження виконані із залученням методів комп'ютерного моделювання для визначення ефективності роботи робототехнологічних інтенсифікаторів, підвищуючи якість продукції та зменшуючи енерговитрати.

**Результати.** Теоретично доведено, що ідентифікацію виробництва макаронних виробів з м'ясними додатками здійснюють шляхом визначення режимів роботи керованого процесу та вибором методу адаптації параметрів ПІ, ПІД-регуляторів в системах адаптивного керування процесами виробництва замісу, тіста, операції сушіння макаронних виробів в полі ультразвукових коливань. Це дозволяє підвищити якість керування технологічними процесами шляхом зменшення дисперсії вихідних параметрів і режимів енергоспоживання сушильного агрегату.

Аналітично та експериментально доведено, що розробка технологій смарт-продуктів харчування повинна бути забезпечена інноваційним обладнанням. У зв'язку з цим було розроблено алгоритм виробництва смарт-продуктів харчування, в якому процес проектування продукції, технологій та обладнання виконує ЕОМ за допомогою відповідного програмного забезпечення та технологій імітаційного моделювання. На основі методів автоматизації розроблено систему та алгоритми адаптивного керування окремими ділянками технологічної лінії з виробництва інноваційного продукту харчування з високим рівнем автоматизації та роботизації.

**Ключові слова:** макаронне виробництво, ідентифікація, адаптація, алгоритми керування, імітаційне моделювання, результати досліджень.

Надійшла до редакції 14.04.2021 р.

© В. П. Хорольський, Ю. М. Коренець,  
О. К. Копайгора, Д. П. Заїкіна,  
А. К. Литвиненко, 2021

**Постановка проблеми.** Населення регіонів з високим рівнем техногенного забруднення, діти шкільного віку, працівники з важкими умовами праці, військові ЗСУ потребують особливого харчування високої якості та підвищеної харчової цінності. У зв'язку з цим постає питання з проектування процесів виробництва такої продукції. Перспективним рішенням є побудова виробництва на основі безлюдних технологій, яке можна реалізувати за рахунок використання високого ступеня автоматизації технологічних процесів з використанням робототехнологічних комплексів, Промислового Інтернету-речей (IIoT) та інформаційно-комунікаційних технологій. Такі технології здатні забезпечити виробництво та розподіл якісної та безпечної продукції між споживачами в зонах високого забруднення навколишнього середовища [1, 2, 3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В Україні у сфері дослідження різноманітних аспектів розвитку АСУТП харчової промисловості значний внесок мають вчені Національного університету харчових технологій, Харківського державного університету харчування та торгівлі, Одеської національної академії харчових технологій, де особливої уваги заслуговують праці Б. М. Гончаренка, А. П. Ладанюка, А. К. Бабіченка, В. Г. Трегуба, В. І. Ельперіна, О. І. Черевка, Л. В. Кіптелю, В. М. Михайлова [4, 5]. У публікаціях українських дослідників досить фундаментально висвітлено стан і тенденції автоматизованого керування виробництвом хлібобулочних виробів в умовах невизначеності. Водночас, у вітчизняній науці бракує актуальних досліджень розробки сучасних АСУТП з цифровими платформами, промисловим Інтернетом-речей, інтелектуальними системами прийняття рішень розробки SMART-продуктів харчування для територій регіонів з високим рівнем техногенного забруднення.

**Метою статті** є розробка адаптивних алгоритмів керування виробництвом макаронних виробів в умовах невизначеності.

**Виклад основного матеріалу.** Сучасні цифрові системи багаторівневого керування виробництва смарт-продуктів харчування для школярів, людей з важкими умовами праці (гірників, металургів та ін.) та воїнів ЗСУ побудовані за об'єктивним принципом: кожний рівень АСКТЛ відповідає певному рівню технологічного об'єкта керування (ТОК), а кожному елементу керування АСКТЛ — один або декілька елементів ТОК відповідного рівня. Такий підхід значно підвищує надійність систем управління процесами виробництва продукції харчування та зменшує інтенсивність мережевих обмінів, оскільки введення-виведення інформації та її обробка максимально локалізуються. Аналіз необхідних характеристик виробництва продукції потрібно розпочати з аналізу структури об'єкта керування та інформаційних характеристик його дільниць. У світі сучасних інформаційних технологій неможливо уявити собі сучасне виробництво без SCADA й MES-систем, інтелектуальних систем та робототехнологічних комплексів.

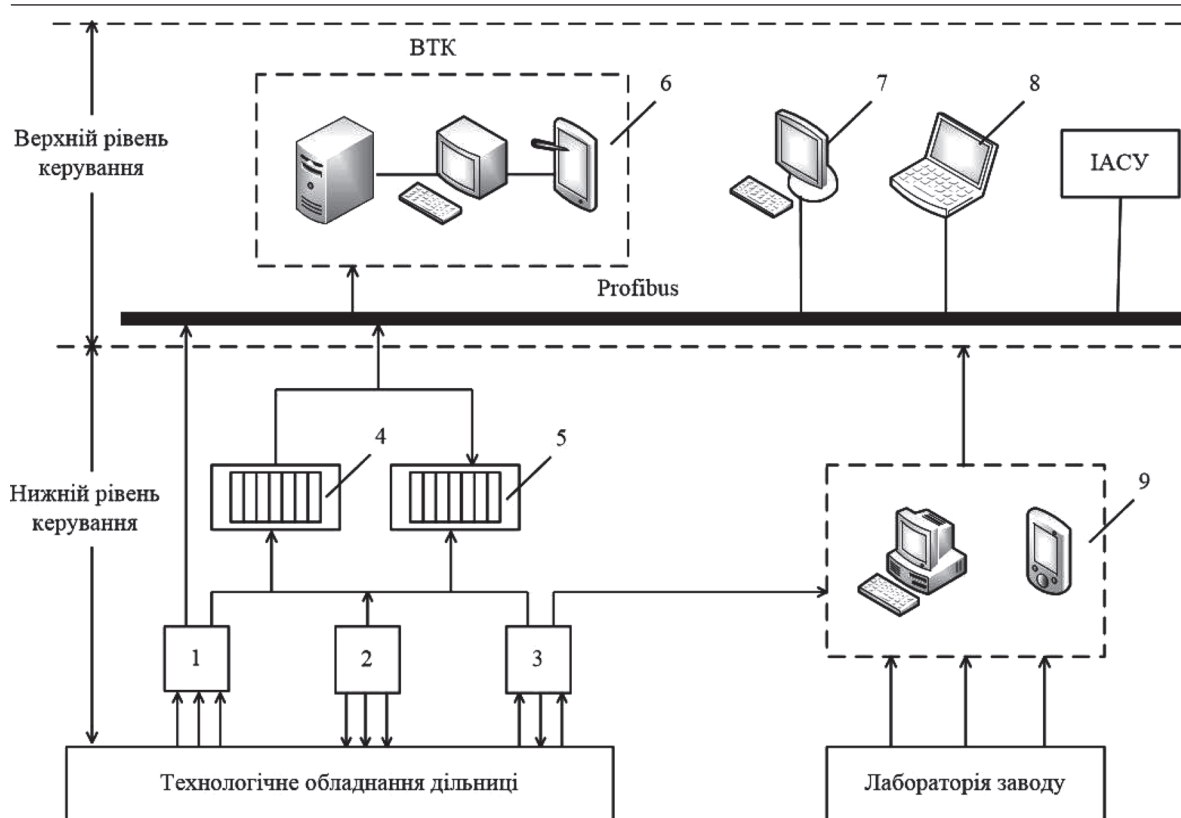
На рис. 1 наведено складові сучасної автоматизованої системи керування виробництвом макаронної продукції з робочого місця АРМ оператора-технолога.

Нижній рівень цифрового керування (рис. 1) представлений цифровими інтелектуальними датчиками, адаптивними системами керування та вбудованими робототехнологічними системами — інтенсифікаторами та системами обміну інформацією. На цьому рівні активно використовуються контролери (мікропроцесори), які виконують функції автоматичного керування технологічними процесами.

На рис. 2 наведено структуру технологічних операцій та адаптивних систем керування (АСК), робототехнологічних інтенсифікаторів (УРІ) та АСКТЛ з'єднаних між собою інформаційною шиною Profibus DP.

Загальною метою керування є подача сигналів на виконавчі механізми на основі результатів обробки даних про стан технологічних параметрів, одержаних безпосередньо інтелектуальними датчиками за допомогою спеціальних алгоритмів.

Сервери технологічних даних забезпечують обмін інформацією між технологічними апаратами і дільницями та мережею персональних комп'ютерів. Вони підтримують протокол роботи з технологічними пристроями та протокол роботи з мережею персональних комп'ютерів.



**Рисунок 1** — Структура технологічних операцій та адаптивних систем керування заводу з виробництва макаронних виробів:

- 1, 2, 3 — АСУТП дільниць, відповідно, підготовки сировини, замісу, макаронних виробів;  
 4, 5 — інформаційні системи вимірювання та контролю основних технологічних величин;  
 6 — програмно-обчислювальний комплекс виробничо-технологічного комплексу (ВТК);  
 7 — автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора-технолога; 8 — АРМ топ-менеджера;  
 IACU — інтелектуальна автоматизована система управління підприємством; АРМ лабораторії заводу

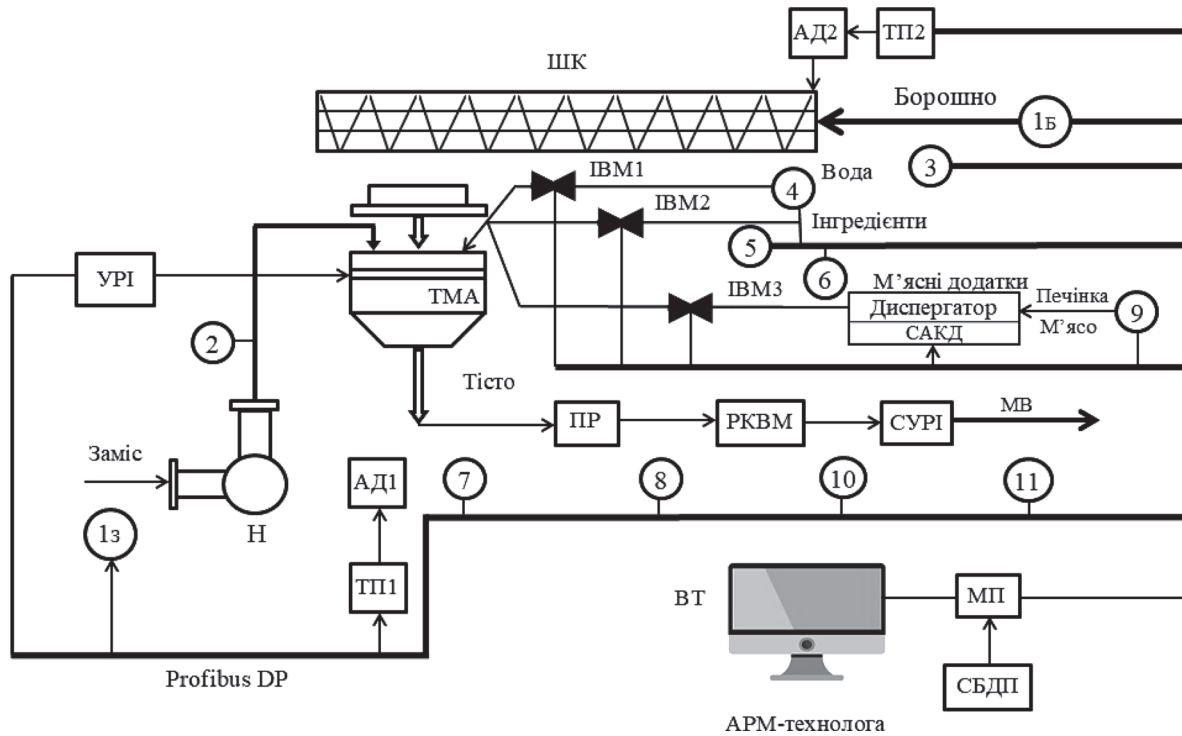
Дані про поточні параметри стану технологічних апаратів виробництва макаронних виробів можуть бути використані:

- для контролю їх станів і керування ними з автоматизованих робочих місць операторів;
- для архівування змін технологічних параметрів за часом;
- для формування сумарних звітних форм з метою надання інформації топ-менеджерам.

У розробленій АСКТЛ виробництва макаронних виробів SCADA-система представлена серверами технологічних даних та автоматизованими робочими місцями (АРМ) операторів. АРМ оператора (технолога) представляє собою програмно-технічний комплекс, що складається з кількох (до 12 одиниць) мікропроцесорів, з'єднаних з міні ЕОМ, та відповідного програмного забезпечення процесів обміну та відображення інформації. Мікропроцесори підключаються до міні ЕОМ за допомогою мультиплексора, який послідовно з'єднує канали передачі інформації між відповідним мікропроцесором та комп'ютером.

На верхньому рівні керування виробничо-технологічним комплексом (ВТК) з виробництва макаронних виробів основу для вирішення задач керування складають інформаційні мережі, що зв'язують Промисловий Інтернет-речей (ПоТ), пов'язані з постачальниками та споживачами продукції (рис. 1, 8 — АРМ топ-менеджера).

Особливості функцій диспетчерського управління заводу з виробництва макаронних виробів вимагають від проєктантів сучасних АСКТЛ створення спеціальних програмних продуктів для рівня керування виробництвом інноваційної продукції. На цьому рівні важливу роль відіграють функції підтримки прийняття рішень, а також комп'ютерного



**Рисунок 2** — Сучасна автоматизована система керування виробництвом макаронної продукції: УРІ — ультразвуковий робототехнологічний інтенсифікатор; МП — мікропроцесор; СБДП — сервер бази даних підприємства; ВТ — відео-термінал; Н — насос з асинхронним двигуном і тиристорним перетворювачем АД1-ТП1; ШК — шнековий конвеєр з асинхронним двигуном і тиристорним перетворювачем АД2-ТП2; ТМА — тістомісильний апарат; ПР — прес; РКВМ робототехнологічний комплекс виробництва макаронних виробів; СУРІ — сушарка з ультразвуковим робототехнологічним інтенсифікатором; МВ — макаронні вироби; датчики: 13 — рН замісу, 2 — витрат замісу, 1Б — сили борошна, 3 — витрат борошна, 4 — витрат води, 5 — витрат інгредієнтів, 6 — витрат м'ясних продуктів, 7 — рН тіста, 8 — якості (вологості) сирих макаронів; 9 — якості м'ясних додатків, 10 — контроль параметрів макаронних виробів, 11 — контролю якості макаронних виробів; СААКД — система адаптивного керування диспергатором; ІВМ1 — інтелектуальний виконавчий механізм витрат води; ІВМ2 — інтелектуальний виконавчий механізм витрат інгредієнтів; ІВМ3 — інтелектуальний виконавчий механізм витрат диспергованих м'ясних додатків

моделювання макаронних виробів, що відповідатимуть нутрієнтній адекватності та фізіологічним потребам певних контингентів споживачів.

Використання стандартного моделювання суттєво покращує проєктантам створення програмного забезпечення (ПЗ), а технологам та управлінцям такий підхід дозволяє проєктувати автоматизацію та роботизацію на цеховому рівні на базі SCADA- й MES-систем.

Для диспетчерського керування на рівні управління виробництвом продукції використовуються MES-системи.

При проєктуванні АСКТЛ виробництва макаронних виробів нами використано технології розподіленої міжмережевої архітектури для корпоративних систем DNA в середовищі MS Windows. Комплексування продуктів для керування технологічними процесами створюють нам нові можливості щодо розробки інформаційних автоматизованих систем керування та забезпечують перерозподіл функцій між ними. Тому при проєктуванні АСКТЛ виробництва нами використанні моделі COM DCOM ActiveX, технології JAVA, універсальний інтерфейс зв'язку з зовнішніми пристроями OPC, мови стандарту IEC 61131-3, мови, які описані на основі Visual Basic for Applications (VBA) та ПoT.

У проєкті нами також було застосовано багатоваріантність, а саме, розподіл функцій між станціями КТ-900 (блоки 4, 5), установленими на кожній із технологічних ділянок (підготовки борошна, замісу, тіста, підготовки та диспергування м'ясних додатків та ін-

ших інгредієнтів (технологічні дільниці 1, 2, 3) за допомогою робототехнологічних комплексів та формування функціональних навантажень на технологічну операцію — сушіння макаронних виробів, підключення зовнішніх засобів оброблення даних (електронних таблиць, БД, БП, БЗ, БОД та ін.), статистична обробка даних, контроль техніко-економічних показників (ТЕП).

У розробленій АСКТЛ заводу з виробництва макаронних виробів використано ІАСУ та ІІоТ, які аналізують якісні параметри нутрієнтних характеристик продуктів харчування, одержаних з лабораторії заводу (блок 9), а також без проблем дозволяють одержати інформацію з операційних станцій КТ-900 (блоки 4, 5) та впевнитись у дотриманні технології. Головний технолог заводу може також за допомогою ОРС-інтерфейсу змінити завдання щодо продуктивності виробництва та кількісних параметрів інноваційної продукції.

Новації в SCADA-системах забезпечують значне зниження трудомісткості при роботі та обслуговуванні операторських станцій, збільшення швидкості обміну даних в системах керування за рахунок ІІоТ. Інтеграція систем керування верхнім та нижнім рівнями в межах заводу в нашому проекті забезпечується засобами інтегрованих програмних систем (наборів) та комунікацій.

ІАСУ дозволяє виконувати за допомогою програмних продуктів не лише аналіз нутрієнтної адекватності, але й корегувати рецептуру інгредієнтів, оцінюючи фізико-технологічних властивостей (ФТВ) сировини та її собівартість. Такий підхід до створення БЗ дозволяє особі, приймаючій рішення (ОПР), чітко спланувати режими роботи локальних адаптивних систем керування окремими технологічними дільницями та оперативно контролювати вихідні параметри  $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6$  на всіх стадіях виробництва: підготовка сировини → заміс → тісто → диспергування м'ясних інгредієнтів → формування макаронних виробів → сушіння → готовий продукт → зберігання. Ці стадії, керовані локальними адаптивними цифровими системами АСК1, АСК2, АСК3, АСК4 та управлінськими впливами  $U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6, U_7$ , забезпечують оптимізацію виробництва та якості кінцевої продукції (рис. 2).

Тож відзначимо новизну розробленої системи, яка полягає у формуванні загальної оцінки кожної стадії технологічного процесу та роботи дільниці виробництва щодо адекватності заданим показникам нутрієнтної збалансованості продукції та сировини [6].

На рис. 1 наведено структуру АСКТЛ виробництва макаронних виробів для школярів, гірників, металургів, воїнів ЗСУ. Із наведеної структури слідує наступне: процес виробництва макаронних виробів відноситься до дискретних, нестационарних процесів, тому засоби локальної автоматики можуть забезпечити лише нижній рівень керування функціонуванням робототехнологічних систем та систем завантаження технологічних апаратів.

У нашому випадку, для прийняття більш складних рішень, необхідно проектувати багаторівневі системи керування. Особливістю керування дискретними об'єктами (технологічними дільницями виробництва) є визначення характеру задач, що вирішують управлінські міні ЕОМ. При цьому управління дискретними процесами зведено до управління часом тієї чи іншої операції. Отже, необхідно використовувати значну кількість обчислювальних функцій та достатньо потужні операційні можливості ЕОМ.

Моделі дискретних об'єктів виробництва макаронних виробів є нелінійними. Для нашого випадку керування процесом диспергування частинок м'ясних продуктів у тісто за допомогою робототехнологічного комплексу були одержані такі вихідні дані: якщо ЕОМ використовувати для прямого цифрового керування, то якісні показники параметрів нутрієнтної адекватності покращуються на 15 % у порівнянні з керуванням оператором.

Тому важливим напрямом нашого дослідження є ідентифікація та синтез адаптивних систем керування зі змінною структурою.

На прикладі найбільш складних і енергоємних процесів виробництва продукції на дільницях заміс → тісто → сушіння розглянемо методи побудови локальних адаптивних систем виробництва макаронних виробів, оптимальних за критерієм максимальної ступені стійкості [4].

Завданням керування виробничими дільницями заміс  $\rightarrow$  тісто є максимізація продуктивності технологічних апаратів шляхом підтримання заданої густини та рівня рН тіста в сливі тістомісильного апарату.

Сучасні способи регулювання процесів замкнених циклів заміс  $\rightarrow$  тісто  $\rightarrow$  сушка макаронних виробів у робототехнологічних комплексах включають три основні управлінські впливи: витрати борошна  $Q_M$  і витрати води  $W_B^M, W_B^K$  відповідно в апараті замісу та тістомісильному апараті. Найбільш розповсюдженими в практиці керування комплексом заміс  $\rightarrow$  тісто  $\rightarrow$  сирі макаронні вироби проєктанти використовують канал керування: зміна витрат води та інгредієнтів в процесі — зміна густини тіста в сливі. Передавальна функція об'єкта цього каналу описується рівнянням виду:

$$W(p) = (k - T_p)(p^2 + a_2p + a_1)^{-1}, \quad (1)$$

де  $k$  — статичний коефіцієнт підсилення;  $T, a_1, a_2$  — динамічні параметри об'єктів.

На рис. 3 наведено графік перехідного процесу, як реакції на одноступеневий нормований вплив ультразвукового сигналу на гетерогенне середовище, а саме, перехідні характеристики циклу борошно  $\rightarrow$  тісто за визначеним каналом керування. Передавальна функція (1) повністю віддзеркалює фізику процесу приготування замісу та прісного тіста, а його динамічний параметр  $T$  визначає величину провалу перехідної функції тістомісильної машини та показує різницю перехідних процесів від періодичних.

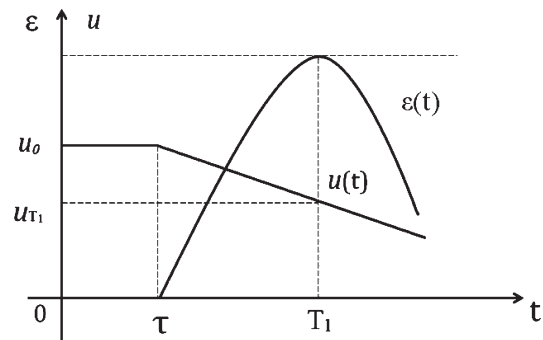


Рисунок 3 — Аналітичний графік перехідного процесу циклу борошно  $\rightarrow$  тісто

Рішення задачі синтезу оптимальної системи керування процесом виробництва тіста будемо шукати в межах теорії безпошукових систем за критерієм максимального ступеня стійкості, в лінійних ПІ-законях виду:

$$U(t) = U_{PI}(t) + U_I(t) = K_1 E(t) + \int_0^t K_2 E(t), \quad (2)$$

де  $E(t)$  — відфільтрований сигнал;  $K_1, K_2$  — коефіцієнти при пропорційній  $U_{PI}(t)$  складовій та інтегровальній  $U_I(t)$  складовій відповідно ПІ-закону регулювання  $U(t)$ .

Коефіцієнти  $K_1$  і  $K_2$  будемо визначати в процесі активної ідентифікації шляхом подачі на вхід нормованого стрибкоподібного впливу виду:

$$U_{зад}(t) = KE(t_0). \quad (3)$$

На рис. 4 представлено адаптивну систему керування дільницею приготування замісу. В керовану частину локальної адаптивної САР (7) введено параметри модуля допустимого значення регульованої величини  $y$  і завдання  $z$ , а також параметри модуля допустимого значення неузгодження ( $E_2$ ). Алгоритм дії регулятора наступний:

1) визначається помилка регулювання:

$$E'_n = y_n - z; \quad (4)$$

2) проводиться згладжування й визначається відфільтрований сигнал неузгодження за виразом:

$$E_n = \tau_1 E_{n-1} + \tau_2 E'_n, \quad (5)$$

де  $\tau_1$  і  $\tau_2$  — налагоджувальні параметри фільтра.

3) в якості фільтра використовується фільтр першого порядку вигляду:

$$W(p) = (\tau p + 1)^{-1}, \quad (6)$$

де  $\tau_1 = \tau(\tau + 1)^{-1}$ ;  $\tau$  — постійна фільтру, коли  $\tau_2 = \tau(\tau + 1)^{-1}$ ;

4) оцінюємо положення системи на фазовій площині ( $E, E'$ ). Для цього будемо використовувати розраховане значення першої різниці  $\Delta P$ , як оцінки похідної помилки неузгодження;



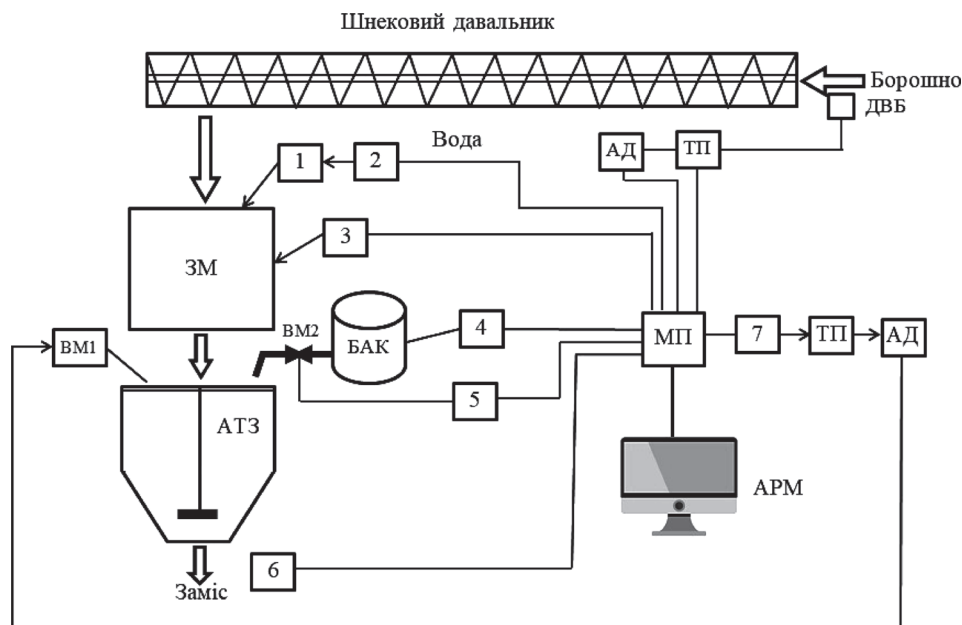


Рисунок 4 — Адаптивна система керування робототехнологічним комплексом замісу:

5) процес активної ідентифікації розпочинається в момент  $t_0$  — момент переходу фазової траєкторії через вісь  $E$  при виконанні наступних умов, які виконуються в логічному блоці МП.

$$|E_n| = |EZ|, \quad (7)$$

Знак  $E_{n-1} = \text{знак } E_{n-1}$ , знак  $E_n \neq E_{n-1}$ .

При виконанні умови (7) на вхід об'єкту ЗМ АТЗ (змішувач апарату тісто-заміс) подається стрибок у вигляді зміни продуктивності стадії замісу. Через час  $0,2T_1$  починається захищений пошук максимуму величини  $|E'(t)| = A$ . При досягненні максимуму  $|E'(t)| = \max$  визначається динаміка об'єкту  $T$ , та перераховуються налагоджені коефіцієнти ПІ-закону регулювання й запам'ятовується інформація, що необхідна для проведення наступного такту. Мікропроцесорна система МП, яка виконує закони ПІ, ПІД-регулювання одержує сигнали від блоків ДВБ (датчика витрат борошна) та датчиків 1, 3, 4, 5, 6. МП формує вплив керування виду:

$$U(t) = K_1 [n-1] E'_n + K_2 [n-1] \int_0^t [E'_n + K_1 [n-1] E_n] dt. \quad (8)$$

Цей сигнал з виходу блоків АД (асинхронний двигун), ТП (тиристорний перетворювач) надходить на давальник ДВБ та на об'єкт регулювання і в подальшому за рахунок МП контролюються швидкість подавання борошна в чан та витрати води (ВМ2), а також швидкість регулювання перемішування замісу. Особливістю цієї системи є те, що введення блоків адаптації підвищує перешкодозахищеність щодо визначення коефіцієнтів  $K_1$  та  $K_2$  та запобігає виробітку регулятором помилкових керувань, підвищуючи якість формування перехідного процесу.

У робототехнологічному комплексі використано таке обладнання: АРМ оператора-технолога; МП — багатоканальний мікропроцесор; ВМ1-АТЗ — виконавчий механізм керування процесом механічного перемішування тіста; ВМ2 — виконавчий механізм керування витратами води; ВМ3 — виконавчий механізм дозування води; 3 — датчик контролю температури; 4 — датчик рівня; 5-автоматизована система керування ВМ2; 6 — датчик густини і рН замісу; Н — насос з електроприводом АД1-ТПЧ1; 2 — шнековий давач борошна; 3 — автоматичний борошномірний пристрій; 4 — автоматичний водомірний бачок; 5 — тістомісильна машина; 6 — мішалка з електроприводом АД2-ТПЧ2; 7 — п'ятисекційний бункер; 8 — робототехнологічний інтенсифікатор виробництва сирих макаронних виробів з м'ясними додатками; 9 — сушильна камера; 10 — макаронні вироби в упаковці; 11 — конвеєр готової продукції з електроприводом АД3-ТПЧ3; Д1, Д2, Д3, Д4,

Д5 — інтелектуальні датчики контролю технологічних параметрів; АД — адаптивні системи керування технологічними процесами.

Перейдемо до синтезу адаптивної системи регулювання процесом підготовки та виробництва тіста (рис. 2), яка стійка до параметричних збурень, і яка є оптимальною до якості формування процесу. Підберемо компоненти  $b_j$  ( $j = \overline{1, m}$ ) керування виду:

$$U(t) = \sum_{j=1}^m b_j y^{(j-1)}, \quad 0 < m \leq n. \quad (9)$$

Таким чином, щоб для системи, яку ми проєктуємо забезпечувалася максимальна ступінь  $I_k$  стійкості:

$$I_k = \max(-\operatorname{Re}\lambda_{op}(b_j)) > 0, \quad (j = \overline{1, m}) \quad (10)$$

де  $\operatorname{Re}\lambda_{op}$  — дійсна частина крайнього правого кореня характеристичного рівняння системи:

$$D(\lambda, b) = \{T_0 \tau_0 \lambda^2 + (T_0 + \tau_0) \lambda + 1\} \lambda + K_0 K_n \lambda + K_{II} K_I, \quad (11)$$

а оптимальне значення  $K_{II}$  та  $K_I$  будемо визначати з рівнянь виду:

$$K_{II} = (T_0 + \tau_0)^2 (3K_0 T_0 \tau_0)^{-1} - K_0^{-1}; \quad (12)$$

$$K_I = (T_0 + \tau_0)^2 (27K_0 T_0^2 \tau_0^2)^{-1}. \quad (13)$$

В цій системі керування виробництвом макаронних виробів, рис. 2, перешкодозахищеність досягається шляхом порівняння величини  $T_{\text{пер}}(t)$  з величиною

$$0,2 \cdot (t_Y^{\text{смар}} + t_Y^{\text{ноє}}).$$

Якщо  $T_{\text{пер}}(t) < 0,2 \cdot (t_Y^{\text{смар}} + t_Y^{\text{ноє}})$ , то перерахунок коефіцієнтів  $K_{II}$ ,  $K_I$  виконується:  $K_{II}(t) = K_{II}(0)$ ,  $K_I(t) = K_I(0)$ . Якщо ж в процесі ідентифікації

$$T_{\text{пер}}(t) \geq 1,5 \cdot (t_Y^{\text{смар}} + t_Y^{\text{ноє}}),$$

то процес ідентифікації завершується, а адаптація не виконується. При цьому розпочинається новий, наступний етап ідентифікації, пов'язаний з надходженням на переробку замісу та м'ясних додатків з іншими характеристиками якості та нутрієнтної адекватності [6].

Порівняльний імітаційний аналіз якості роботи лінійних і цифрових адаптивних систем керування процесом виробництва прісного тіста та макаронів проведено для умови роботи системи, яка описана диференціальним рівнянням виду:

$$T(t)y(t) + y(t) = K(t), \quad (t - \tau(t)) \quad (14)$$

де  $T(t)$ ,  $K(t)$  і  $\tau(t)$  — ступенева функція часу;  $y(t)$  — вхідна координата об'єкту.

При лінійному ПІ-законі регулювання:

$$U(t) = U_L(t) = K_{PII} * (\epsilon_L(t) + K_{IL} \int_0^t \epsilon_L(t) dt_1), \quad (15)$$

а при адаптивному АПІ-керуванні:

$$U(t) = U_A(t) = K_{PIA}(t) * (\epsilon_A(t) + \int_0^t K_{IA}(t) \epsilon_A(t_1) dt_1), \quad (16)$$

де

$$\epsilon_L(t) = Z(t) - X_L(t) | U(t) = U_L(t); \quad \epsilon_A(t) = Z(t) - X_A(t) | U(t) = U_A(t);$$

$$2\dot{Z}(t) + Z(t) = q(t); \quad q(t) — \text{ступенева функція.}$$

Наведемо результати імітаційного моделювання об'єкту (рис. 5), яке проводиться для п'яти випадків зміни параметрів робототехнологічного інтенсифікатора (потужності ультразвукових сигналів). У кожному із них планувалось, що в початковий момент часу  $K(0) = 0,2$  й  $T(0) = \tau(0) = 1,0$ . Значення  $K_{PII}$ ,  $K_{IL}$  при лінійному ПІ-керуванні обрані за критерієм максимального ступеня для початкового моменту часу. Цими значеннями відповідно є  $K_{PII} = 1,84$ ,  $K_{IL} = 1,0$ . Розглянемо наступні випадки моделювання:

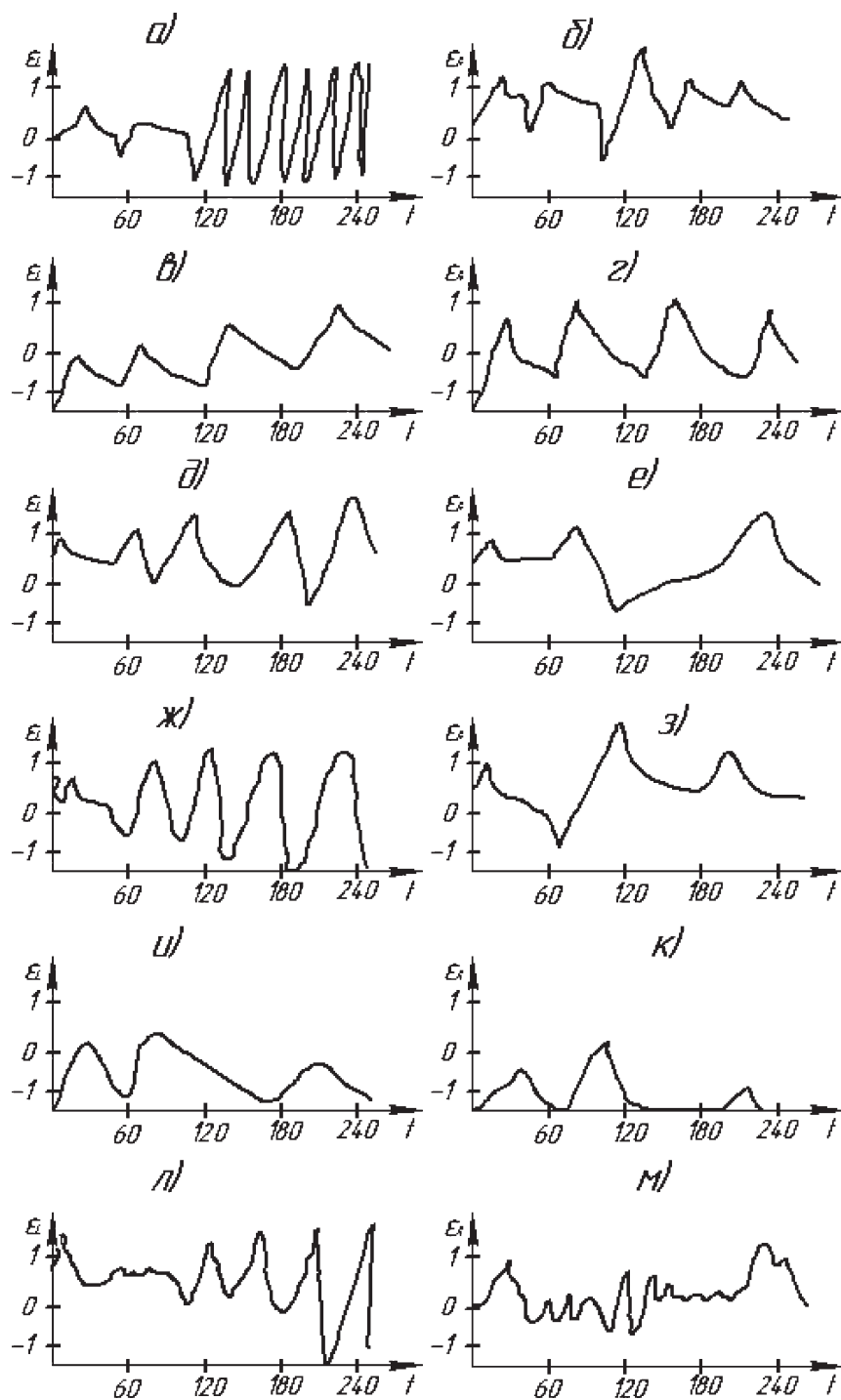


Рисунок 5 — Результати комп'ютерного моделювання

$$g(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } t = 0 \\ 1, & \text{при } 240 \geq t > 0, \\ 2, & \text{при } t > 240 \end{cases}, \quad K(t) = \begin{cases} 0,2, & \text{при } 0 < t \leq 45 \\ 0,4, & \text{при } 45 \leq t \leq 105 \\ 1,2, & \text{при } 105 \leq t \leq 60 \\ 2,4, & \text{при } t > 60 \end{cases}, \quad (17)$$

$$T(t) = \tau(t) - 1, t > 0.$$

Процес керування робототехнологічним інтенсифікатором в цьому випадку наведено на рис. 5 а (процес  $E_{\Delta}(t)$ ) та рис. 5 б (процес  $E_{\Lambda}(t)$ ).

Розглянемо випадок 2:

$$q(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } t = 0 \\ 1, & \text{при } 240 \geq t > 0 \\ 2, & \text{при } t > 240 \end{cases}, \quad K(t) = \begin{cases} 0,2, & \text{при } 60 \geq t > 0 \\ \frac{0,2}{3}, & \text{при } 150 \geq t > 60 \\ \frac{0,2}{9}, & \text{при } t > 50 \end{cases} \quad (18)$$

На рис. 6 *в, з* наведено процеси керування робототехнологічним інтенсифікатором для ПІ та АПІ законів відповідно, випадок 3:

$$q(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } t = 0 \\ 1, & \text{при } 60 \geq t > 0 \\ 1,75, & \text{при } 210 \geq t > 60 \\ 2,75, & \text{при } t > 70 \end{cases}, \quad T(t) = \tau(t), K(t) = 0,2 \begin{cases} 1, & \text{при } 60 \geq t > 0 \\ 4, & \text{при } t > 60 \\ t \geq 0 \end{cases} \quad (19)$$

Процеси  $\epsilon_{\text{Л}}(t)$  і  $\epsilon_{\text{А}}(t)$  для цього випадку наведені на рис. 5 *д, е* відповідно.

$$Q(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } t = 0 \\ 1, & \text{при } 0 < t \leq 180, \\ 2, & \text{при } t > 60 \end{cases}, \quad K(t) = \begin{cases} 0,2, & \text{при } 0 \leq t < 60 \\ 0,6, & \text{при } t > 60 \end{cases}, \\ T(t) = \tau(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } 0 \leq t < 60 \\ 2, & \text{при } t > 60 \end{cases} \quad (20)$$

Процеси  $\epsilon_{\text{Л}}(t)\epsilon_{\text{Л}}(t)$  і  $\epsilon_{\text{А}}(t)\epsilon_{\text{А}}(t)$  для цього випадку наведені на рис. 5 *ж, з*. Вони відповідають процесам керування ділянкою сушіння сирих макаронних виробів в полі ударних впливів ультразвукових коливань на макаронні вироби, при цьому:

$$Q(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } t = 0 \\ 1, & \text{при } 0 < t \leq 30 \\ 1,75, & \text{при } 430 < t \leq 90 \\ 2,75, & \text{при } t > 90 \end{cases}, \quad K(t) = \begin{cases} 0,2, & \text{при } 0 \leq t \leq 30 \\ \frac{0,2}{3}, & \text{при } t > 30 \end{cases}, \\ T(t) = \tau(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } 0 < t < 30 \\ 0,5, & \text{при } t > 30 \end{cases} \quad (21)$$

Процеси  $\epsilon_{\text{Л}}$  і  $\epsilon_{\text{А}}$  для цього випадку наведені на рис. 5. *и, к* відповідно.

Доведемо можливість роботи алгоритмів адаптивного керування при наявності шумів для найбільш цікавого випадку 4, коли до вихідного сигналу  $Y_{\text{А}}$  адаптивно додається експоненціально корельований шум.

Процеси керування для цього випадку наведені на рис. 5 *л, н* відповідно. При лінійному законі ПІ-керування варіації параметрів в кожному із п'яти випадків призводила або до нестійкості (на рисунках ці випадки відповідають нелінійному режиму роботи виконуючих механізмів). При адаптивному АПІ-керуванні кожна зміна параметрів об'єкта визиває автоматичне переналагодження лінійної частини регулятора. Після такого налагодження зміну вхідного впливу відслідковує МП за алгоритмом детально розглянутим у [7–9].

При цьому це явище виконується в початковий момент часу при нульових початкових умовах в АПІ-керуванні, коли  $K(0) = 0,2$  й  $T(0) = \tau(0) = 1,0$ . Процеси керування, одержані моделюванням системи керування процесом виробництва тіста на ЕОМ. Дослідження адаптивної системи регулювання процесу виробництва тіста показали, що вона дозволяє знизити дисперсію коливань густини тіста та його рН в середньому на 7 % і на 12–15 % відповідно за рахунок контролю вмісту інгредієнтів та врахування зміни сталості статичних і динамічних властивостей об'єкта регулювання і формування оптимальних аперіодичних перехідних процесів.

У технологічних підсистемах переробки борошна в макаронні вироби важливу роль відіграють локальні системи керування стадіями різання, підготовки й сушки. Ефективність роботи ділень досягається шляхом вибору оптимального керованого впливу за каналами:

- а) «витрати тіста» у ванну диспергатора — вміст м'ясних інгредієнтів»;

б) «струм збудження системи ультразвукового генератора  $\mu = \text{КН}_{grad} H$  — вміст м'ясних інгредієнтів»;

и) «швидкість обертання барабану шнекового давача  $V_{нав}$  — продуктивність макаронних виробів»;

г) «швидкість диспергування — довжина ударних впливів імпульсного ультразвукового поля на тісто УР1».

Таким чином, декілька каналів керування в різних типах технологічних ліній з виробництва макаронних виробів, з точки зору використання сильного борошна і нутрієнтних властивостей м'ясного фаршу, дозволяють спроектувати такі адаптивні системи керування з робототехнологічними інтенсифікаторами диспергування інгредієнтів у тісто, при яких вміст вологи  $\alpha_B^3 \rightarrow \min$ . Тоді керований вплив сформуємо в вигляді ПІ-закону керування:

$$U(t) = K_{\Pi}(t)\epsilon(t) + K_I(t) \int_0^t \epsilon(t) dt, \quad (22)$$

де  $\epsilon(t)$  — помилка,  $\epsilon(t) = q(t) - Y(t)$ ;  $q(t)$  — завдання;

$K_{\Pi}(t)$  і  $K_I(t)$  — шматочно-постійні коефіцієнти, які визначені в результаті ідентифікації за законом:

$$K_{\Pi}(t) = \begin{cases} K_{\Pi}(0), & \text{при } t < t_{\gamma} \\ \frac{\tilde{K}_{\Pi} K_{\Pi}(0) \epsilon(0)}{|\dot{y}(t_{\gamma})| t_{\gamma}}, & \text{при } t \gg t_{\gamma} \end{cases}, \quad K_I(t) = \begin{cases} K_I(0), & \text{при } t < t_{\gamma} \\ \frac{\tilde{K}_I K_I(t)}{t_{\gamma}}, & \text{при } t > t_{\gamma} \end{cases}, \quad (23)$$

де  $\tilde{K}_{\Pi}$ ,  $\tilde{K}_I$ ,  $K_{\Pi}$ ,  $K_I$  постійні, а  $t_{\gamma}$  визначається із умови  $\dot{y}(t_{\gamma}) = 0$ .

Як і в попередніх випадках будемо використовувати метод активної ідентифікації, при якому налагоджувальні в законі (24) перераховуються за формулами (22) і (23) і залишаються постійними до нового моменту ідентифікації. Коефіцієнти пропорційності  $\tilde{K}_{\Pi}$ ,  $\tilde{K}_I$ ,  $K_{\Pi}$ ,  $K_I$  визначаються таким чином, щоб при постійних параметрах об'єкту налагоджувальні чинники  $\tilde{K}_{\Pi}(t)$ ,  $\tilde{K}_I(t)$  забезпечували мінімізацію втрат вологи макаронними виробами  $\alpha_{XB}^0 \rightarrow \min$ .

Оцінимо якість системи керування процесом виробництва макаронних виробів по каналу «витрати тіста у ванну тістомісильного апарату ультразвукового диспергатора — вміст м'ясних інгредієнтів ультразвукового робототехнологічного диспергатора». Для цього об'єкт опишемо характерним рівнянням виду:

$$D(p) = e^{\tau p} (T_c p + 1) p + K_{\Pi} p + K_I = 0. \quad (24)$$

Після цього визначимо оптимальні коефіцієнти ПІ-закону керування. Після відомих перетворень отримуємо:

$$I_{оп} = \frac{4T_c + 1 - \sqrt{8T_c^2 + 1}}{2T}, \quad (25)$$

$$K_{пог} = e^{-I_{оп}} (T_c I_{оп}^2 - (2T + 1) I_{оп} + 1), \quad (26)$$

$$K_{I_{оп}} = e^{-I_{оп}} I_{оп} (T_c I_{оп} - 1) + K_{пог} * I_{оп}, \quad (27)$$

Визначимо значення оцінок  $K_{пад}$ ,  $K_{лад}$  для виразів (16), (22). При цьому величину  $y(t)$  будемо визначати на основі фільтра виду:

$$\tau_1 \dot{x}(t) + x(t) = y_{\Phi}(t); \quad \tau = 0, 1. \quad (28)$$

При ступневому керованому впливу  $U(t)$  і  $\tau = 1$  маємо при  $t \geq 1$ :

$$y(t) = \tilde{K}_{\Pi} \frac{K_{\Pi}(0) \epsilon(0)}{T_0 - \tau} \left( e^{-\frac{t-1}{T_c}} - e^{-\frac{t-1}{\tau}} \right), \quad (29)$$

$$\ddot{y}(t) = \tilde{K}_I \frac{K_{\Pi}(0) \epsilon(0)}{T_0 - \tau} \left( -\frac{1}{T_c} e^{-\frac{t-1}{T_c}} + \frac{1}{\tau_1} e^{-\frac{t-1}{\tau}} \right). \quad (30)$$

Із умови  $\ddot{y}(t_\gamma) = 0$ :

$$t_\gamma = 1 + \frac{0,1T_c}{T_c - 0,1} (l_n T_c - l_n 0,1). \quad (31)$$

Із виразів (28), (29), (30), (31) одержимо оцінку коефіцієнтів:

$$K_{\text{Пад}} = \frac{\bar{K}_n(T_c - 0,1)}{K_1 t_\gamma (e^{-\frac{t_\gamma+1}{T_c}} - e^{-\frac{t_\gamma+1}{0,1}})}, \quad (32)$$

$$K_{\text{Іад}} = \frac{K_1 K_{\text{Пад}}}{t_\gamma}. \quad (33)$$

При побудові сучасних АСУТП виробництва макаронної продукції і побудови інтелектуальних систем управління SMART-продуктами харчування для школярів, робітників підземних професій, воїнів ЗСУ важливими адаптивними системами керування є: стабілізуючі системи рівня вологи в макаронах; густини тіста на виході тістомісильних апаратів та макаронних виробів з додатками подрібненого м'яса або печінки.

Такі системи будемо описувати передавальними функціями виду:

$$W(p) = \frac{K}{\prod_{i=0}^n (T_i p + 1)}, \quad (34)$$

де  $K$  — змінний коефіцієнт передачі об'єкта за одиницю параметру, що регулюється;  $n$  — порядок системи;  $T_i$  — динамічні коефіцієнти.

Стабілізуючі системи реалізують ПІ-закони регулювання. Оскільки в об'єкті змінюється лише один параметр, то сутність роботи алгоритму адаптації полягає у наступному:

— визначається момент часу  $t_0$ , при якому  $E(t)$  досягає максимуму. При цьому, цей момент повинен бути більшим від деякого значення  $DL$ . Значення  $DL$  будемо визначати експериментально, наприклад у два рази менше допуску, яке задається у вигляді відхилення;

— через заданий час  $D$ , який складає приблизно 20 % від часу перехідного процесу об'єкта регулювання, вимірюється значення помилки і проводиться корекція коефіцієнта регулятора за формулою:

$$K_p^{\text{нов}} = K_p^{\text{стар}} \frac{E(t_0)}{E(t_0) - E(t_0 + DT)} K\bar{K}, \quad (35)$$

де  $K_p^{\text{стар}}$  — коефіцієнт регулятора в момент часу  $t_0$ ;  $K\bar{K}$  — постійний коефіцієнт, який забезпечує налаштування алгоритму щодо критерію максимального ступеня стійкості.

На рис. 6 наведено алгоритм керування процесами стабілізації нутрієнтного складу макаронних виробів з додаванням подрібненої яловичої печінки. Ця система виконана на основі робототехнологічного комплексу, до якого вбудовано інтелектуальні датчики контролю параметрів якості тіста та печінки, датчики рН-параметрів, візуалізації, програмні продукти виконання керування рухом виконавчих інтелектуальних механізмів (ВМ1, ВМ2), див. рис. 2.

Алгоритм працює таким чином:

1. Розраховується програмне значення завдання за формулою:

$$yz = yzp + \Delta yz, \quad (36)$$

де  $yz$  — значення завдання в даний момент часу;  $yzp$  — значення завдання на попередньому кроці;  $\Delta yz$  — лінійна зміна завдання на час  $\Delta t$ .

2. Визначається похибка неузгодження  $EPS$ .

3. Виконується фільтрація похибки за формулою:

$$EF = TF * EFP + TF1 * EPS, \quad (37)$$

де  $EF$  — відфільтрована похибка;  $EFP$  — відфільтрована похибка на попередньому кроці;  $TF$  і  $TF1$  — коефіцієнти фільтрації,  $TF + TF1 = 1$ .

4. Визначається оцінка похідної похибки  $DE$ .

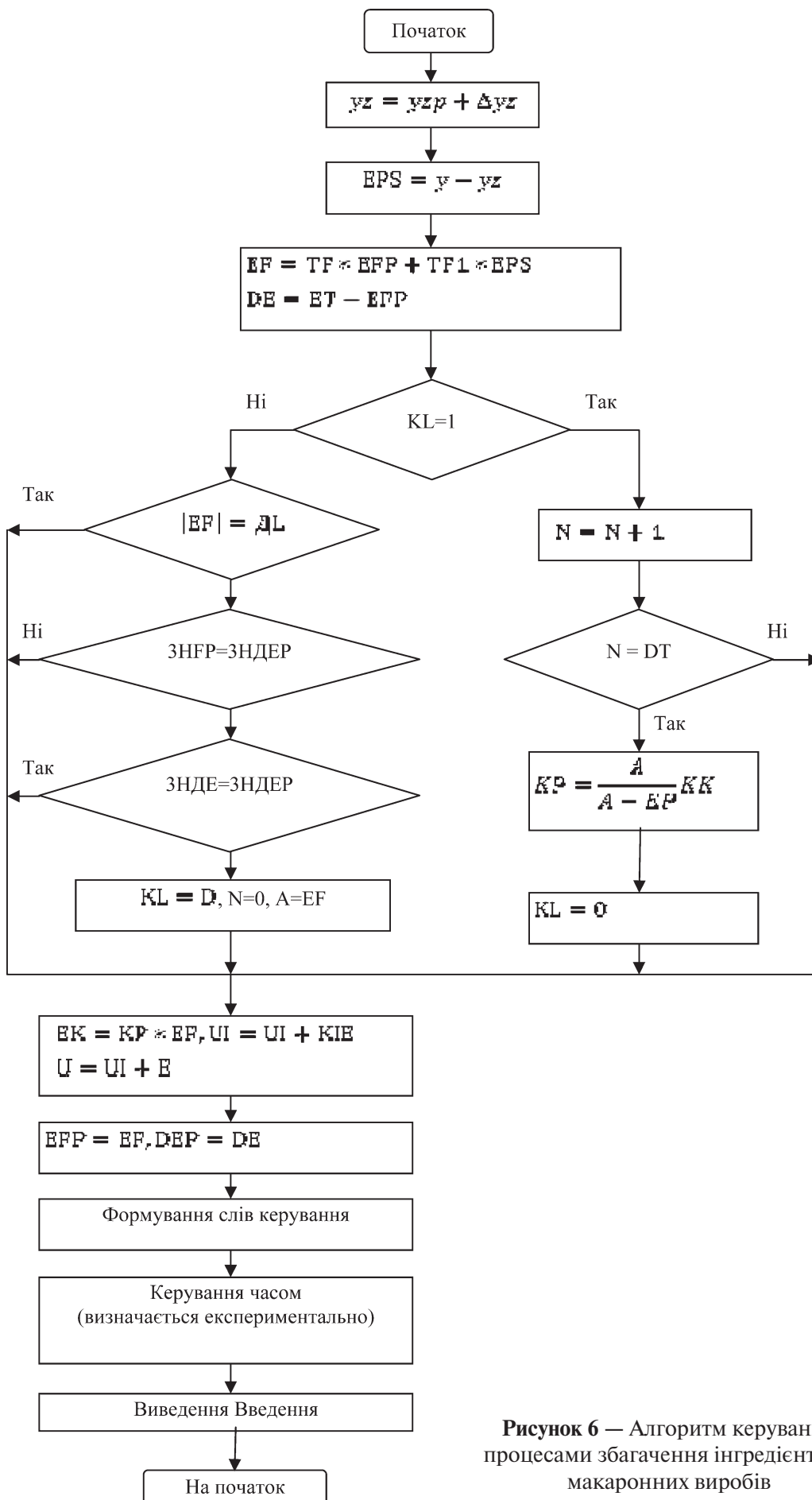


Рисунок 6 — Алгоритм керування процесами збагачення інгредієнтами макаронних виробів

5. За умови  $KL = 0$  виконується оцінка положення системи на фазовій площині.

6. При переході фазової траєкторії через вісь  $E$  та похибки більше ніж  $DL$ , розпочинається ідентифікація — запам'ятовується значення похибки  $A_0 = EF$  і включається таймер. Алгоритм переключається в положення  $K_i = 1$ .

7. Через час  $DT$  коригується коефіцієнт  $K_p$ . Алгоритм переключається у початкове положення  $K_i = 0$ .

8. Відпрацьовується ПІ-керування, що дорівнює  $U_1, U_2$  і т. д. Поточне значення похибки і похідної похибки запам'ятовується.

9. Формуються слова керування для виконуючих пристроїв, в якості яких можуть виступати електромагнітні клапани витрат води, тиристорні перетворюючі частоти, магнітні клапани шнекових давальників борошна, керовані ударні впливи ультразвукових коливань на тісто та м'ясні інгредієнти.

Випробування розроблених вище алгоритмів з типовими локальними системами адаптивної стабілізації рівня нутрієнтної адекватності, густини тіста та рН макаронних виробів, процесів сушіння проведені в умовах навчальної лабораторії ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського.

На рис. 7 наведено графіки зміни в часі стабілізуючих параметрів у САК робототехнологічного інтенсифікатора процесу кавітаційного диспергування печінки в тісто: а) з лінійним ПІ-законом; б) з включеним алгоритмом адаптації.

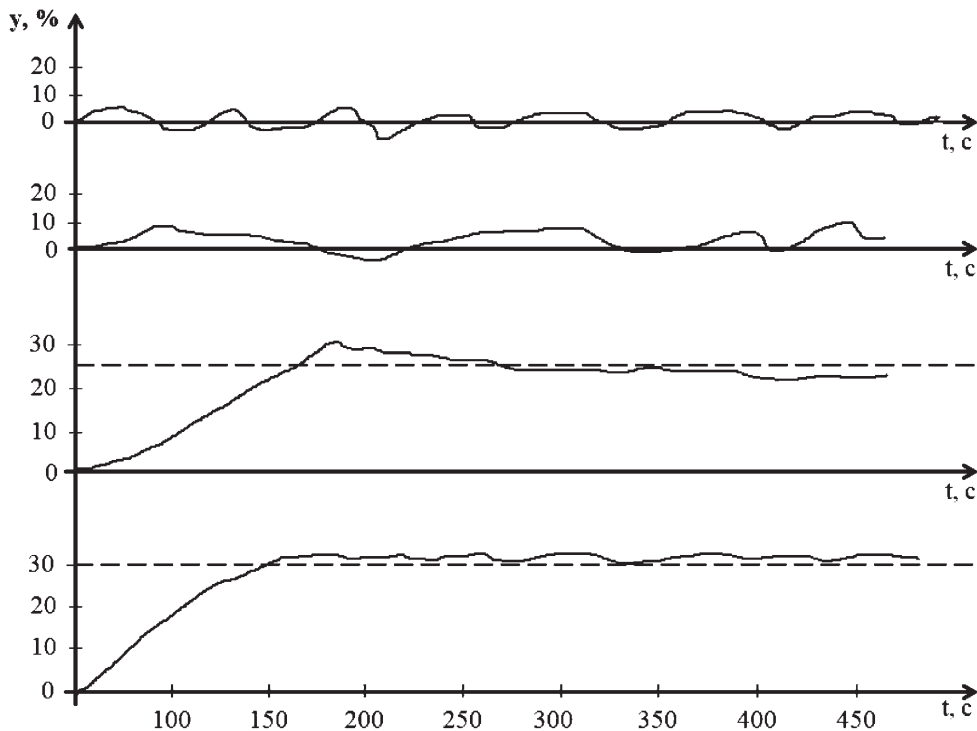


Рисунок 7 — Графіки зміни в часі параметрів макаронних виробів

На цьому ж рисунку наведено загальний вигляд перехідного процесу у тій же системі керування щодо зміни величини завдання контрольованого параметру на 10 %: в) з лінійним ПІ-законом; г) з алгоритмом адаптації.

При цьому відзначимо, що дисперсія регульованого параметра рН зменшилася у 2 рази, а тривалість перехідних процесів у 3,5–4 рази.

**Висновки.** Беручи до уваги пріоритети державної політики та з урахуванням пандемічної ситуації 2020–2021 рр., сьогодні виникла гостра необхідності забезпечення споживачів регіонів з техногенним навантаженням, особливо школярів, гірників, металургів, воїнів ЗСУ, високоякісною харчовою продукцією, що відповідає світовим стандартам нутриціології. Аналітично та експериментально доведено, що розробка технологій смарт-продуктів харчування повинна бути забезпечена інноваційним обладнанням.



Для цього нами було розроблено алгоритм виробництва смарт-продуктів харчування, в якому процес проектування продукції, технологій та обладнання виконує ЕОМ за допомогою ПЗ та технологій імітаційного моделювання. На основі методів автоматизації розроблено систему та алгоритми адаптивного керування окремими дільницями технологічної лінії з виробництва інноваційного продукту харчування з високим рівнем автоматизації та роботизації.

Також розроблено розподілену АСКТЛ виробництва макаронних виробів з нутрієнтно збалансованими характеристиками, в якій за рахунок систем багаторівневого розподіленого керування та адаптивних систем мікропроцесорного керування дисперсія регульованого рН-параметра зменшилася на 15–18 %.

#### Список літератури

1. Khorolskyi, V., Bavyko, A., Yermak, S., Riabykina, K., Khorolskyi, K. (2018). *Innovative functional food products for the mining industry. Journal of Hygienic Engineering and Design*, vol. 24, pp. 55–62.
2. Хорольський В. П. та ін. Цифрові системи інтелектуального управління підприємствами промислового комплексу регіону: монографія. Кривий Ріг. 2020. 561 с.
3. Інтелектуальні системи управління виробництвом хлібобулочних виробів: монографія / В. П. Хорольський та ін. Кривий Ріг: видавець ФОП Чернявський Д. О., 2019. 204 с. ISBN 978-617-7784-12-7.
4. Гончаренко Б. М., Ладанюк А. П. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник. Київ : НУХТ, 2014. 530 с. ISBN 978-966-612-163-2.
5. Пупена О. М., Ельперін І. В., Луцька Н. М., Ладанюк А. П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах : навч. посібн. Київ: Ліра-К, 2011. 552 с. ISBN 978-966-2174-13-7.
6. Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Копайгора О. К., Заїкіна Д. П., Кузьменко А. О., Невідін В. І. Інформаційна система керування виробництвом харчових смарт-продуктів з технологіями заморожування. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2020. № 2 (41). С. 79–88. doi: 10.33274/2079-4827-2020-41-2-79-88.
7. Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Копайгора О. К., Заїкіна Д. П., Литвиненко А. К. Автоматизована система нечіткого керування процесами виробництва та заморожування ремісничого хліба. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. 2021. № 1 (293), С. 227–233. doi: 10.31891/2307-5732-2021-293-1-227-233.
8. Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Копайгора О. К., Заїкіна Д. П., Невідін В. І. Автоматизовані системи керування виробництвом заморожуваних продуктів харчування. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*. 2020. № 6 (291), С. 199–206. doi: 10.31891/2307-5732-2020-291-6-199-206.
9. Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Копайгора О. К. Методи ідентифікації та алгоритми адаптивних систем прямого цифрового керування виробництвом продуктів харчування. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2020. №1 (40). С. 32–45. doi: 10.33274/2079-4827-2020-40-1-32-45.

#### References

1. Khorolskyi, V., Bavyko, A., Yermak, S., Riabykina, K., Khorolskyi, K. (2018). *Innovative functional food products for the mining industry. Journal of Hygienic Engineering and Design*, vol. 24, pp. 55–62.
2. Horolskiy, V. P. et al. (2020). *Tsifrovi systemy intelektualnogo upravlinnya pidpriemstvami promyslovogo kompleksu regionu* [Digital systems of intellectual management of enterprises of the industrial complex of the region], Kryvyi Rih, Chernyavskiy D. O. Publ., 561 p. ISBN 978-617-7784-30-1.
3. Horolskiy, V. P. et al. (2019). *Intelektualni sistemi upravlinnya virobnitstvom hlibobulochnih virobiv* [Intelligent control systems for the production of bakery products]. Kryvyi Rih, Chernyavskiy D. O. Publ., 204 p. ISBN 978-617-7784-12-7.

4. Goncharenko, B. M., Ladanyuk, A. P. (2014). *Avtomatizatsiya virobnychih protsesiv harchovih tehnologiy* [Automation of food production processes]. Kyiv, NUFT. 530 p. ISBN 978-966-612-163-2.

5. Pupena, O. M., Elperin, I. V., Lutska, N. M., Ladanyuk, A. P. (2011) *Promislovi merzhi ta integratsiyni tehnologiyi v avtomatizovanih sistemah* [Industrial networks and integration technologies in automated systems]. Kyiv, Lira-K Publ., 552 p. ISBN 978-966-2174-13-7.

6. Horolskiy, V. P., Korenets, Yu. M., Kopaygora, O. K., Zaikina, D. P., Kuzmenko, A. O., Nevidin, V. I. (2020). *Informatsiyana sistema keruvannya virobnitstvom harchovih smart-produktiv z tehnologiyami zamorozhuvannya* [Smart food production management information system with freezing technologies], *Obladnannya ta tehnologiyi kharchovih vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies], no. 2 (41), pp. 79–88. doi: 10.33274/2079-4827-2020-41-2-79-88.

7. Horolskiy, V. P., Korenets, Yu. M., Kopaygora, O. K., Zaikina, D. P., Litvinenko, A. K. (2021). *Avtomatizovana sistema nechitkogo keruvannya protsesami virobnitstva ta zamorozhuvannya remisnichogo hliba* [Automated fuzzy control system for the production and freezing of artisan bread], *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauki* [Bulletin of Khmelnytsky National University. Engineering sciences], no. 1 (293), pp. 227–233. doi: 10.31891/2307-5732-2021-293-1-227-233.

8. Horolskiy, V. P., Korenets, Yu. M., Kopaygora, O. K., Zaikina, D. P., Litvinenko, A. K. (2020). *Avtomatizovana sistema nechitkogo keruvannya protsesami virobnitstva ta zamorozhuvannya remisnichogo hliba* [Automated control systems for the production of frozen food]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauki* [Bulletin of Khmelnytsky National University. Engineering sciences], no. 6 (291), pp. 199–206. doi: 10.31891/2307-5732-2020-291-6-199-206.

9. Horolskiy, V. P., Korenets, Yu. M., Kopaygora, O. K. (2020). *Metody identyfikatsiyi ta algoritmy adaptyvnykh system pryamogo tsyfrovogo keruvannya vyrobnytstvom produktiv kharchuvannya* [Methods of identification and algorithms of adaptive systems of direct digital control of food production], *Obladnannya ta tehnologiyi kharchovih vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies], no. 1 (40), pp. 32–45. doi: 10.33274/2079-4827-2020-40-1-32-45.

**Objective.** *The purpose of the article is to develop adaptive algorithms for managing the production of pasta in conditions of uncertainty based on deserted technologies, which will be based on achieving a high degree of automation of technological processes through the use of robotic systems, the Industrial Internet of Things (IIoT) and information and communication technologies.*

**Methods.** *The methodological basis of the research consists of the following methods: design of optimal adaptive regulators with substantiation of methods for identifying complex technological processes of pasta production; statistical methods for assessing the dynamic parameters of raw materials and requirements for the quality characteristics of food products; simulation studies were carried out using computer modeling methods to determine the efficiency of robotic intensifiers, increasing product quality and reducing energy consumption.*

**Results.** *It is theoretically proved that the identification of the production of pasta with meat applications is carried out by determining the operating modes of the controlled process and choosing the method of adapting the parameters of PI, PID-controllers in systems for adaptive control of the processes of kneading, dough, and drying pasta in the field of ultrasonic vibrations. This makes it possible to improve the quality of control of technological processes by reducing the dispersion of the output parameters and power consumption modes of the drying unit.*

*It has been analytically and experimentally proven that the development of smart-food technologies should be supported by innovative equipment. In this regard, an algorithm for the production of smart food was developed, in which the process of designing products, technologies and equipment is performed by a computer using appropriate software and simulation technologies. On the basis of automation methods, a system and algorithms for adaptive control of individual sections of a technological line for the production of an innovative food product with a high level of automation and robotization have been developed.*

**Key words:** *pasta production, identification, adaptation, control algorithms, simulation, research results.*

DOI : 10.33274/2079-4827-2021-42-1-107-113

УДК 004.896:(681.5:(634+635))(045)

*Цвіркун Л. О., канд. пед. наук<sup>1</sup>*

*Омельченко О. В., канд. техн. наук<sup>1</sup>*

*Цвіркун С. Л., канд. техн. наук<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua.

<sup>2</sup> Криворізький національний університет (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: tserg30@ukr.net.

**ЗАСТОСУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ МЕТОДІВ ТА СИСТЕМ  
АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ  
У СОРТУВАННІ ПЛОДОВО-ОВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ**

UDC 004.896: (681.5: (634+635)) (045)

*Tsvirkun L. A., PhD in Pedagogical sciences<sup>1</sup>*

*Omelchenko O. V., PhD in Engineering sciences<sup>1</sup>*

*Tsvirkun S. L., PhD in Engineering sciences<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Mykhailo Tuhan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: cvirkun@donnuet.edu.ua.

<sup>2</sup> Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: tserg30@ukr.net.

**APPLICATION OF ENGINEERING METHODS AND SYSTEMS  
OF AUTOMATED DESIGN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES  
IN SORTING OF FRUIT AND VEGETABLE RAW MATERIALS**

**Мета.** Метою статті є дослідження інженерних методів та застосування систем автоматизованого проектування технологічними процесами у сортуванні плодово-овочевої сировини.

**Методи.** У роботі для сортування плодово-овочевої сировини з метою відбору із загального потоку різновидів, якість яких дозволяє використовувати продукцію в промисловому виробництві без додаткових технологічних операцій, застосовано інженерні методи та метод парних порівнянь.

**Результати.** Зазначено, що в умовах сьогодення автоматизація технологічних процесів є однією з головних умов забезпечення конкурентоспроможності підприємств харчової промисловості. Тому для вирішення завдання контролю якості сировини виробництво повинно бути забезпечене сучасними апаратними та програмними засобами, що в свою чергу потребує постійного професійного саморозвитку фахівців, здатності до удосконалення технологічних процесів, готовності застосовувати інженерні методи проектування, а також вільного орієнтування в наявній на підприємстві документації. Вважається, що до теперішнього часу автоматизація процесів управління, зокрема процес сортування плодово-овочевої сировини недостатньо досліджено як самостійний компонент САПР ТП у харчовій промисловості. Розглянуто методи оптичної сепарації, які широко застосовуються для сортування зернової та плодово-овочевої продукції та які умовно можна розділити на пристрої для сортування різних видів зернових культур та ягід, а також пристрої для сортування овочів та фруктів у вигляді сепараторів та більш складних конвеєрних ліній. Сконцентровано увагу на тому, що методологія побудови автоматизованих систем безперервного технологічного контролю заснована на аналізі множини характеристик досліджуємого об'єкту на конвеєрній лінії. Кожен різновид плодово-овочевої сировини має певні особливі ознаки за якими його завжди можна відрізнити від іншого: певні зразки можна відстежити за деякими характерними властивостями (колір, густина забарвлення, текстура тощо), а інші сорти мають специфічні, тільки їм властиві ознаки, наприклад, вміст цукру та показник крохмалю. Залежно від цих властивостей і ознак відбувається формування системи аналізу та відбору не якісних, дефор-

Надійшла до редакції 02.04.2021 р.

© Л. О. Цвіркун, О. В. Омельченко,  
С. Л. Цвіркун, 2021

мованих зразків. Аналіз властивостей плодово-овочевої сировини та технологічних параметрів засобів оперативного контролю якості продукції дав змогу, з огляду на невизначеність характеристик об'єкту, представити критерії відбору у вигляді функцій приналежності нечітких множин, а саме розмір ( $d$ ), вага ( $m$ ), колір ( $g$ ). Удосконалено методи сортування з метою відбору із загального потоку плодово-овочевої сировини, якість якої дозволяє використовувати продукцію в промисловому виробництві без додаткових технологічних операцій на основі методу парних порівнянь.

**Ключові слова:** інженерні методи, системи автоматизованого проектування, технологічні процеси, технічні засоби, плодово-овочева сировина, сортування, харчове виробництво.

**Постановка проблеми.** Державна політика України спрямована на підвищення рівня інформатизації багатьох галузей, зокрема аграрного сектору. В умовах сьогодення автоматизація технологічних процесів є однією з головних умов забезпечення конкурентоспроможності підприємств харчової промисловості [1, 2]. Відповідно, для вирішення завдання контролю якості сировини виробництво повинно бути забезпечене сучасними апаратними та програмними засобами, що потребує постійного професійного саморозвитку фахівців, здатності до удосконалення технологічних процесів, готовності застосовувати інженерні методи проектування, а також вільного орієнтування в наявній на підприємстві документації.

Проте до теперішнього часу автоматизація процесів управління, зокрема процес сортування плодово-овочевої сировини недостатньо досліджені як самостійний компонент САПР ТП у харчовій промисловості. Тому актуальним є удосконалення існуючих методів сортування з метою відбору із загального потоку різновидів, якість яких дозволяє використовувати продукцію в промисловому виробництві без додаткових технологічних операцій.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Сучасний цех з переробки плодово-овочевої продукції — енергоємне виробництво, основним завданням якого є отримання сировини заданої якості при мінімізації енергетичних витрат [3]. Для забезпечення високих якісних показників харчової сировини необхідно контролювати стан продукції на всіх етапах: збирання, зберігання, калібрування, транспортування.

Одним з головних технологічних процесів на підприємстві є сортування, де особливе місце займає проблема розпізнавання та відбору сировини, що передбачає використання програмних та технічних засобів. Проте існуючі традиційні технології не завжди сприяють рентабельності виробництва, що вимагає удосконалення методів заснованих на розпізнаванні кольорових відмінностей ( $g$ ), а також врахування розміру ( $d$ ) та ваги ( $m$ ) досліджуемого об'єкту.

У контексті окресленої проблеми слід зазначити, що метод оптичної сепарації широко застосовується для сортування зернової та плодовоовочевої продукції. Одним з ключових переваг методу є висока продуктивність та збільшення селективності сепарації продуктів зі складною структурою і кольором поверхні [4, 5]. Сепаратори умовно можна розділити на пристрої для сортування різних видів зернових культур та ягід, а також пристрої для сортування овочів та фруктів у вигляді сепараторів та більш складних конвеєрних ліній (рис. 1).

На сьогоднішній день на ринку багато сортувального обладнання принцип роботи якого полягає у наступному: початкова сировина завантажується в бункер у якому акумулюється і подається на живильник, що передає сировину на вібростіл. Вібростіл формує моношар і подає його на стрічку конвеєра [6, 7]. При переміщенні сировини на транспортері відбувається контроль, фіксація і аналіз параметрів окремих об'єктів. За допомогою програмних засобів здійснюється обробка даних та формується керуючий сигнал для сортувального пристрою. Тобто на виході маємо два потоку: продукт 1 (яблука, що підлягають відбору) та продукт 2 (яблука, які мають дефекти), рис. 2.

**Мета статті** — дослідження інженерних методів та застосування систем автоматизованого проектування технологічними процесами у сортуванні плодово-овочевої сировини.

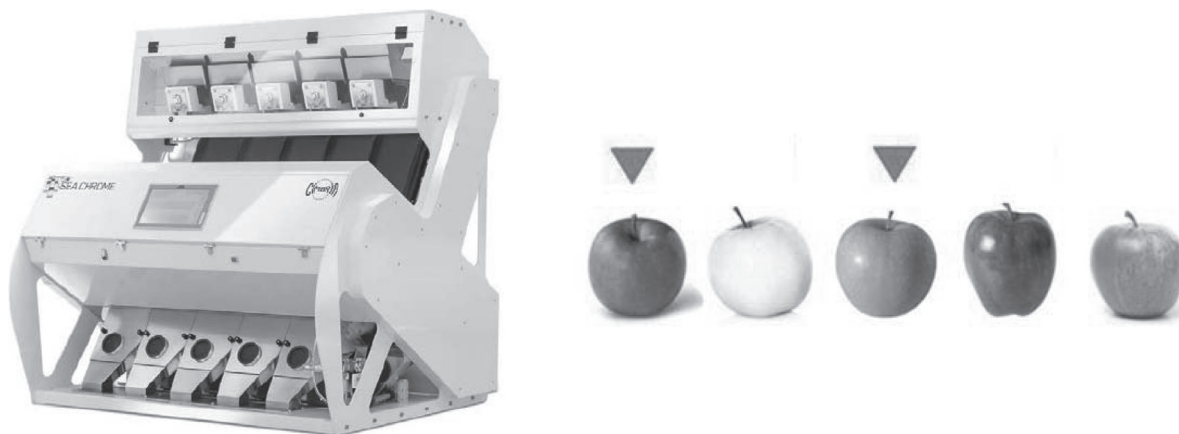


Рисунок 1 — Оптичний сепаратор

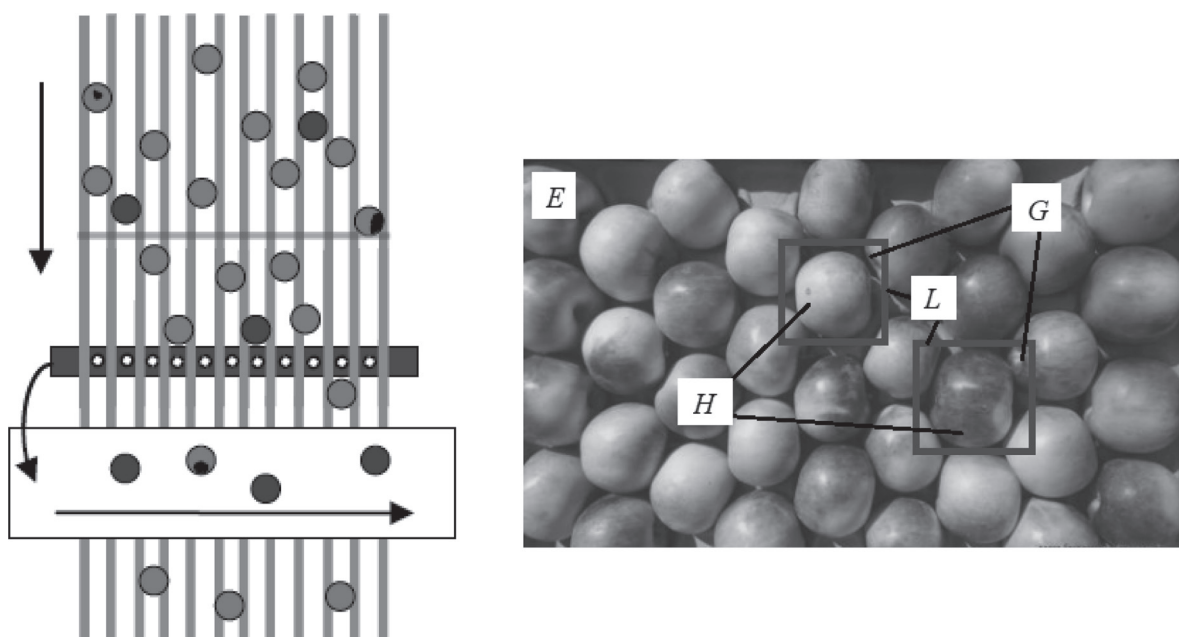


Рисунок 2 — Фрагменти зображення потоку яблук на конвеєрній лінії, які підлягають відбору, де  $E$  — вихідне зображення;  $L_n$  — множина точок спостережуваних фрагментів зображення;  $H_n$ ,  $G_n$  — безліч точок із потоку яблук.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Методологія побудови автоматизованих систем безперервного технологічного контролю заснована на аналізі множини характеристик досліджуемого об'єкту на конвеєрній лінії. Кожен різновид плодово-овочевої сировини має певні особливі ознаки за якими його завжди можна відрізнити від іншого. Як відомо, певні зразки можна відстежити за деякими характерними властивостями (колір, густина забарвлення, текстура тощо), а інші сорти мають специфічні, тільки їм властиві ознаки, наприклад, вміст цукру та показник крохмалю. Залежно від цих властивостей і ознак відбувається формування системи аналізу та відбору не якісних, деформованих зразків.

Дослідження властивостей плодово-овочевої сировини та технологічних параметрів засобів оперативного контролю якості продукції дає змогу, з огляду на невизначеність характеристик об'єкту представити критерії відбору у вигляді функцій приналежності нечітких множин, а саме розмір ( $d$ ), вага ( $m$ ), колір ( $g$ ).

Нехай  $\mu(\theta_i)$  число в діапазоні  $[0,1]$ , яке характеризує рівень оцінки варіанта вибору  $\theta_i \in \theta$ . При цьому чим більше значення  $\mu(\theta_i)$  тим вище оцінка варіанту вибору. Тоді критерій  $J$  можна представити у вигляді нечіткої множини заданої на універсальній множині  $\bar{\theta}$ :

$$J = \left\{ \frac{\mu(\theta_1)}{\theta_1}, \frac{\mu(\theta_2)}{\theta_2}, \dots, \frac{\mu(\theta_N)}{\theta_N} \right\} \quad (1)$$

де  $\mu(\theta_i)$  — ступінь приналежності елемента  $\theta_i$  до нечіткої множини;  $N$  — кількість альтернативних варіантів вибору плодово-овочевої сировини.

Отже, критерії вибору матимуть наступний вигляд

$$J_d = \left\{ \frac{\mu^d(\theta_1)}{\theta_1}, \frac{\mu^d(\theta_2)}{\theta_2}, \dots, \frac{\mu^d(\theta_N)}{\theta_N} \right\} \quad (2)$$

$$J_m = \left\{ \frac{\mu^m(\theta_1)}{\theta_1}, \frac{\mu^m(\theta_2)}{\theta_2}, \dots, \frac{\mu^m(\theta_N)}{\theta_N} \right\} \quad (3)$$

$$J_g = \left\{ \frac{\mu^g(\theta_1)}{\theta_1}, \frac{\mu^g(\theta_2)}{\theta_2}, \dots, \frac{\mu^g(\theta_N)}{\theta_N} \right\} \quad (4)$$

де  $J_d, J_m, J_g$  — нечіткі безлічі приватних критеріїв;  $\theta_i$  — вибір яблука з номером  $i$ .

Як зазначалося раніше, у процесі формування автоматизованого управління процесом сортування плодово-овочевої сировини найбільш ефективним є метод парних порівнянь [8]. Сформуємо матриці попарних порівнянь варіантів відбору за кожним окремим критерієм

$$A^d = \begin{bmatrix} a_{11}^d & a_{12}^d & \dots & a_{1N}^d \\ a_{21}^d & a_{22}^d & \dots & a_{2N}^d \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{N1}^d & a_{N2}^d & \dots & a_{NN}^d \end{bmatrix}$$

$$A^m = \begin{bmatrix} a_{11}^m & a_{12}^m & \dots & a_{1N}^m \\ a_{21}^m & a_{22}^m & \dots & a_{2N}^m \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{N1}^m & a_{N2}^m & \dots & a_{NN}^m \end{bmatrix}$$

$$A^g = \begin{bmatrix} a_{11}^g & a_{12}^g & \dots & a_{1N}^g \\ a_{21}^g & a_{22}^g & \dots & a_{2N}^g \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{N1}^g & a_{N2}^g & \dots & a_{NN}^g \end{bmatrix}$$

де елементи  $a_{ij}$  визначають перевагу варіанту  $\theta_i$  над  $\theta_j$  за дев'ятибальною шкалою Сааті.

У зв'язку з досить складними розрахунками доцільно використати спрощений метод [10]. Як відомо, коли матриця є діагональною, симетричною відносно головної діагоналі та транзитивною для розрахунку всіх елементів матриці досить визначити елементи одного з її рядків. Щоб врахувати нерівнозначності характеристик плодово-овочевої сировини необхідно розрахувати коефіцієнти важливості. Для цього на основі експертних оцінок була сформована матриця парних порівнянь відповідних критеріїв

$$A^J = \begin{bmatrix} a^{dd} & a^{dm} & a^{dg} \\ a^{md} & a^{mm} & a^{mg} \\ a^{gd} & a^{gm} & a^{gg} \end{bmatrix}$$

Оскільки в результаті порівняння критерію з самим собою отримаємо  $a^d = a^m = a^g = 1$  тоді матриця прийме наступний вигляд

$$A^J = \begin{bmatrix} 1 & a^{dm} & a^{dg} \\ a^{md} & 1 & a^{mg} \\ a^{gd} & a^{gm} & 1 \end{bmatrix}$$

Розрахунок значень рангів приватних критеріїв на основі матриці парних порівнянь здійснювався на основі твердження, яке ґрунтується на тому, що для кожного елемента матриці дійсне співвідношення [11]. Оскільки ранги  $\alpha_i$  є значеннями відповідних приватних критеріїв, то їх сукупність  $W = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m)$  відповідає власному вектору матриці  $A^J$ . Вектор  $W$  можна знайти за рівнянням  $A^J W = \lambda W$ , де  $\lambda$  — власне значення матриці  $A^J$ .

Застосовуючи рівняння нормалізації та використовуючи методи знаходження власних векторів було здійснено розрахунок чисельних значень рангів  $\alpha_i$ .

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1. \quad (5)$$

У результаті були отримані наступні значення рангів приватних критеріїв, розрахованих з використанням власного вектору матриці парних порівнянь.

$$\alpha_d = 0,140; \quad \alpha_m = 0,085; \quad \alpha_g = 0,246.$$

На основі дослідження властивостей плодово-овочевої сировини та технологічних параметрів засобів оперативного контролю якості продукції, а також з огляду на невизначеність характеристик об'єкту було обґрунтовано критерії відбору у вигляді функцій приналежності нечітких множин, а саме розмір ( $d$ ), вага ( $m$ ), колір ( $g$ ). Удосконалено методи сортування з метою відбору із загального потоку плодово-овочевої сировини, якість якої дозволяє використовувати продукцію в промисловому виробництві без додаткових технологічних операцій на основі методу парних порівнянь.

**Висновки.** Отже, для вирішення завдання контролю якості сировини виробництво повинно бути забезпечене сучасними апаратними та програмними засобами, що в свою чергу потребує постійного професійного саморозвитку фахівців, здатності до удосконалення технологічних процесів, уміння застосовувати інженерні методи проектування, а також вільного орієнтування в наявній на підприємстві документації.

Зазначено, що методологія побудови автоматизованих систем безперервного технологічного контролю заснована на аналізі множини характеристик досліджуемого об'єкту на конвеєрній лінії. Кожен різновид плодово-овочевої сировини має певні особливі ознаки за якими його завжди можна відрізнити від іншого: певні зразки можна відстежити за деякими характерними властивостями (колір, густина забарвлення, текстура тощо), а інші сорти мають специфічні, тільки їм властиві ознаки, наприклад, вміст цукру та показник крохмалю. Залежно від цих властивостей і ознак відбувається формування системи аналізу та відбору не якісних, деформованих зразків.

Аналіз властивостей плодово-овочевої сировини та технологічних параметрів засобів оперативного контролю якості продукції дав змогу, з огляду на невизначеність характеристик об'єкту представити критерії відбору у вигляді функцій приналежності нечітких множин, а саме розмір ( $d$ ), вага ( $m$ ), колір ( $g$ ). Удосконалено методи сортування з метою відбору із загального потоку плодово-овочевої сировини, якість якої дозволяє використовувати продукцію в промисловому виробництві без додаткових технологічних операцій на основі методу парних порівнянь.

#### Список літератури

1. Про Концепцію Національної програми інформатизації. URL : <https://zakon.rada.gov.ua>.

2. Место компьютерной графики в подготовке специалистов для пищевой промышленности. URL : <https://cyberleninka.ru>.
3. Подпратов Г. И., Рожко В. И., Скалецкая Л. Ф. Технология зберігання та переробки продукції рослинництва. К. : Аграрна освіта, 2014. 393 с.
4. Павленко Н. А. Исследование и разработка оптико-электронной системы для сепарации минерального сырья по цвету : дис. ... канд. тех. наук : 05.11.07. Санкт-Петербург, 2016. 150 с.
5. Автоматизація технологічних процесів і САК. URL : <https://atpicak.ucoz.ua>.
6. Мартиненко І. І. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. К. : Урожай. 2015. 224 с.
7. Закон України про систему інженерно-технічного забезпечення агропромислового комплексу України. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/229-16#Text>.
8. Ротштейн А. П., Штовба С. Д. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений. *Теория и системы управления*. 2012. №3. С. 150–154.
9. Rosten E., Drummond T. Fusing points and lines for high performance tracking. *10<sup>th</sup> IEEE International Conference on Computer Vision*. Beijing, China. 2010. Vol. 2. P. 1508–1515.
10. Gustafson, D. E., Kessel, W. C. (2008). Fuzzy clustering with a fuzzy covariance. *IEEE decision making and control conference, including 17th adaptive processes symposium*. San Diego, CA, USA, vol. 7. pp. 773–781.

### References

1. *Pro Kontseptsiyu Natsionalnoyi prohramy informatyzatsiyi* (2020). [About the concept of the national informatization program]. Available at : <https://zakon.rada.gov.ua>.
2. *Mesto komp'yuternoy grafiki v podgotovke spetsialistov dlya pishchevoy promyshlennosti* (2014). [The place of computer graphics in the training of specialists for the food industry]. Available at : <https://cyberleninka.ru>.
3. Podpyatov, G. I., Rozhko, V. I., Skaletskaya, L. F. (2014). *Tekhnolohiya zberihannya ta pererobky produktsiyi roslynnytstva* [Storage and processing technology for crop products]. Kiev, Agricultural education Publ., 393 p.
4. Pavlenko, N. A. (2016). *Issledovaniye i razrabotka optiko-elektronnoy sistemy dlya separatsii mineral'nogo syr'ya po tsvetu* [Research and development of an optoelectronic system for the separation of mineral raw materials by color. Thesis of PhD in Engineering sciences]. St. Petersburg, 150 p.
5. *Avtomatyzatsiya tekhnolohichnykh protsesiv i SAK* (2014). [Automation of technological processes and SAC]. Available at : <https://atpicak.ucoz.ua>.
6. Martynenko, I. I. (2015). *Avtomatyzatsiya tekhnolohichnykh protsesiv silskohospodarskoho vyrobnytstva* [Automation of technological processes of agricultural production]. Kiev, Urozhay Publ., 224 p.
7. *Zakon Ukrayiny pro systemu inzhenerno-tekhnichnoho zabezpechennya ahropromyslovoho kompleksu Ukrayiny* (2006). [Law of Ukraine on the system of engineering and technical support of the agro-industrial complex of Ukraine]. Available at : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/229-16#Text>.
8. Rotshtein, A. P., Shtovba, S. D. (2012). *Nechetkiy mnogokriterial'nyy analiz variantov s primeneniym parnykh sravneniy* [Fuzzy multicriteria analysis of options using pairwise comparisons]. *Teoriya i sistemy upravleniya* [Control theory and systems]. vol. 3, pp. 150–154.
9. Rosten, E., Drummond, T. (2010). Fusing points and lines for high performance tracking. *IEEE International Conference on Computer Vision*. Beijing, China, vol. 2, pp. 1508–1515.
10. Gustafson, D. E., Kessel, W. C. (2008). Fuzzy clustering with a fuzzy covariance. *IEEE decision making and control conference, including 17th adaptive processes symposium*. San Diego, CA, USA, vol. 7. pp. 773–781.

**Objective.** *The purpose of the article is to study engineering methods and the use of computer-aided design systems in the implementation of technological processes for sorting fruit and vegetable raw materials.*



**Methods.** *In the work for sorting of fruit and vegetable raw materials for the purpose of selection from the general flow of varieties, the quality of which allows to use products in industrial production without additional technological operations, engineering methods and the method of pairwise comparisons are used.*

**Results.** *It is noted that in today's conditions automation of technological processes is one of the main conditions for ensuring the competitiveness of the food industry. Therefore, to solve the problem of quality control of raw materials, production must be provided with modern hardware and software, in turn requires constant professional development, the ability to improve technological processes, willingness to apply engineering design methods, as well as free orientation in the documentation available at the enterprise. It is believed that at present the automation of management processes, in particular the process of sorting fruit and vegetable raw materials have not been sufficiently studied as an independent component of CAD TP in the food industry. Optical separation methods are considered, which are widely used for sorting grain and fruit and vegetable products and which can be divided into devices for sorting various types of cereals and berries, as well as devices for sorting vegetables and fruits in the form of separators and more complex conveyor lines. Attention is focused on the fact that the methodology of construction of automated systems of continuous technological control is based on the analysis of many characteristics of the studied object on the conveyor line. Each type of fruit and vegetable raw material has certain special features by which it can always be distinguished from another: certain samples can be traced by some characteristic properties (color, color density, texture, etc.), and other varieties have specific, unique to them signs, such as sugar content and starch index. Depending on these properties and features, a system of analysis and selection of low-quality, deformed samples is formed. Analysis of the properties of fruit and vegetable raw materials and technological parameters of means of operational quality control allowed, given the uncertainty of the characteristics of the object to present the selection criteria in the form of functions of fuzzy sets, namely size ( $d$ ), weight ( $m$ ), color ( $g$ ). Sorting methods have been improved in order to select from the total flow of fruit and vegetable raw materials, the quality of which allows the use of products in industrial production without additional technological operations based on the method of pairwise comparisons.*

**Key words:** *engineering methods, computer-aided design systems, technological processes, technical means, fruit and vegetable raw materials, sorting, food production.*

*Янаков В. П., канд. техн. наук<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Мелітопольський інститут державного та муніципального управління «Класичного приватного університету» (м. Мелітополь, Україна), e-mail: yanakov@i.ua.

### ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ В ЗАПРОПОНОВАНІЙ ТЕОРІЇ ПРИГОТУВАННЯ ТІСТА

UDC 664.653.122:664.653.124

*Yanakov V. P., PhD in Engineering science*

<sup>1</sup> Melitopol Institute of Federal And Municipal Administration of the Classical Private University (Melitopol, Ukraine), e-mail: yanakov@i.ua.

### SYSTEMS ANALYSIS APPLICATION IN DOUGH PREPARATION BASED ON A PROPOSED THEORY

**Мета.** Застосування пропонованої теорії приготування тіста у навчальному процесі закладів вищої освіти (ЗВО) та прикладних дослідженнях.

**Методи.** У роботі використано викладення наукових досліджень, сучасні методи порівняльного аналізу, моделювання систем.

**Результати.** Вдосконалення хлібопекарських, макаронних, кондитерських та переробних виробництв спрямовано на розширення та прогрес при домінуванні асортименту виготовленої продукції. Виготовлення спеціалізованого обладнання, вдосконалення передових технологічних процесів та їх апаратурної реалізації — задача фундаментальних і прикладних наук. Запропоновані дослідження пропонованої теорії приготування тіста введення в навчальний процес закладів вищої освіти. Формується на напрямах новітніх досліджень підготовки фахівців інженерних спеціальностей предметів: «Логістика», «Організація та технологія обслуговування в готелях (Організація готельного господарства)», «Вступ до фаху», «Будівля, споруди, їх обладнання та експлуатація», «Стандартизація в готелях», «Промислові печі», «Процеси і апарати». Ґрунтується на зв'язку та неперервність отримання знань по спеціалізованим дисциплінам. Поєднання педагогічної та експериментальної наукової діяльності опирається на володіння інструментами освіти та відзначається ступенем підготовки випускників. Забезпечується адаптацією, аналізом та коригуванням викладання лекцій, лабораторних та практичних робіт, виконанням курсових і дипломних робіт та інших видів викладацької роботи. Основою інтеграції нової методології є теорія збалансованого харчування, що базується на вживанні різних наукових підходів. Системний підхід до методики застосування пропонованої теорії приготування тіста створено при використанні комплексних вимог паспорту та вимогах за спеціальністю 05.18.12. — Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв.

**Ключові слова:** тісто, технологія, процес, енергетичний вплив, теорія приготування тіста, педагогіка, університет.

**Постановка проблеми.** Фактором визначальним формування методичного підходу у навчальному процесі закладів вищої освіти (ЗВО) передбачає підготовку фахівців інженерних спеціальностей. Опірається на систематичність та неперервність отримання знань по спеціалізованим дисциплінам. Забезпечується адаптацією, аналізом та коригуванням виконання сучасних досягнень науково-технічного прогресу. Цей методичний і педагогічний підхід опирається [1–3]:

1. Аналіз викладення та знань спеціалізованих дисциплін.

Ґрунтується на послідовному підході в опрацюванні знань по обладнанню та процесам багатоманітних вимог технологій замісу.

2. Погляд на дослідження пропонованої теорії приготування тіста.

Опирається на організацію, коригування та контролю усіх видів досліджень, забезпечуючих вивчення фундаментальних та прикладних наук.

3. Організування комплексного підходу у вдосконаленні навчального процесу. Базується на процес удосконалення методики вивчення, аналізу та підняття ефективності координації цілей і вимог до них.

4. Вдосконалення теорії та практики досліджень автора.

Грунтується на управлінні рішення проблем та покращанні показників різноманітних видів сегментів готової продукції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вдосконалення хлібопекарських, макаронних, кондитерських та переробних виробництв спрямовано на розширення та прогрес у домінуванні асортименту виготовленої продукції. Аналіз взаємозв'язку навчального процесу ЗВО та проблем використовуваних технологій замісу втілюється через створення нової методології. Системний підхід пропонованої теорії приготування тіста зводиться до наступних розглядів:

Н. В. Турленко, О. В. Аксьонова та В. І. Губко розглядали вдосконалення харчового обладнання згідно вимог за спеціальністю 08.00.05 [4, 5, 6]. Дослідження були спрямовані на динамічний прогресивний розвиток, що ґрунтується на інноваційно-інвестиційній активності та інтеграційної роботи виробників сільськогосподарської продукції. У дослідженнях не описано роль змін агробізнесу при формуванні підприємницьких структур та інвестиційної активності агросфері в економіці регіону.

Л. В. Слюсарєва, Г. О. Ткачук і Д. С. Степанов вивчали основні завдання, які стоять при конкуренції в харчовій промисловості на ринках агропродовольчої продукції та забезпеченні їх економічної безпеки [7, 8, 9]. Дослідження були цілеспрямовані на застосування комплексного і системного підходу, що дозволяє забезпечити стратегічний розвиток технологій. У дослідженнях не вивчався аналіз сегментів основних параметрів систем харчової та переробної економіки

В. В. Горін, М. В. Швець, В. М. Галкін [10, 11, 12] перевіряли здійснення технологій енергетичного впливу на основному технологічному обладнанні у різних пористих середовищах. Ними були одержані дані по ефективності розрахунку тепловіддачі екологічно-безпечних замкнутих схем. У дослідженнях не описано роль змін удосконалення існуючих методів аналізу інтенсифікації процесів тепломасообміну в одно- і багатозфазних середовищах використовуваного обладнання.

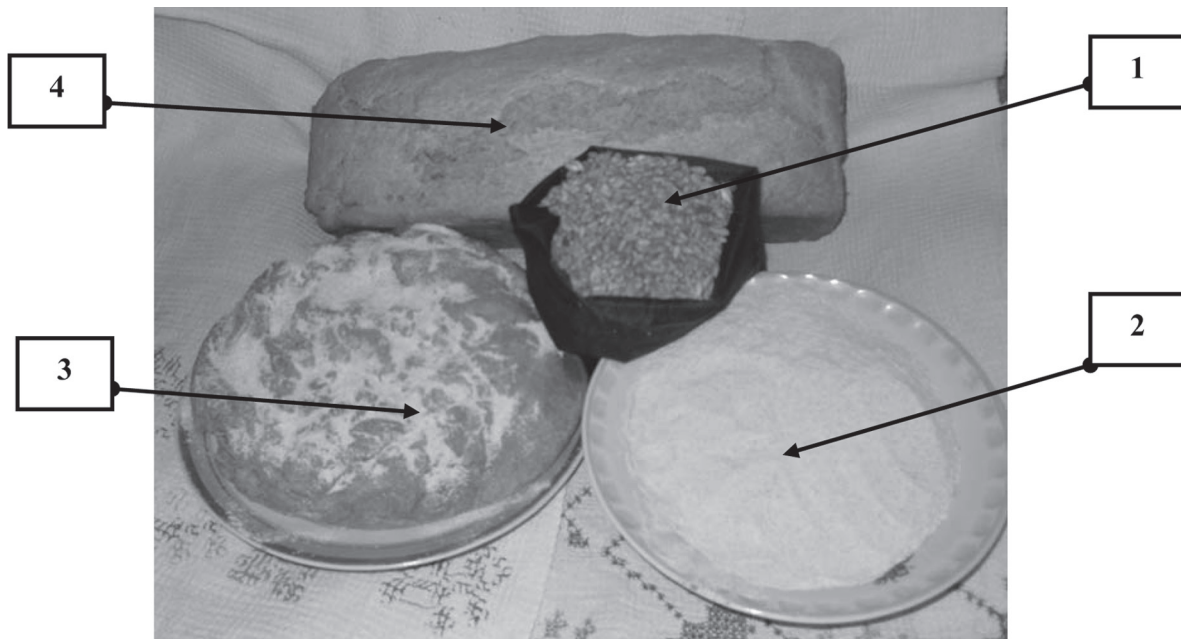
Сформульовані сторони сьогочасних досліджень пропонованої теорії приготування тіста та підготовки фахівців інженерних спеціальностей. Подібний методичний підхід направлено на аналіз знарядь освіти та науково-технічного прогресу. Наукові дослідження [4–12] цілеспрямовані на викладення дисциплін аналіз яких дає знання харчових та переробних виробництв формулюючи, ступінь підготовки фахівців інженерних спеціальностей.

**Мета** — застосування пропонованої теорії приготування тіста у навчальному процесі закладів вищої освіти (ЗВО) та прикладних дослідженнях.

**Викладання основного матеріалу.** Проблема створення методологічного підходу до вдосконалення передових технологічних процесів та їх апаратурної реалізації засновано на використанні сучасних методів математичного моделювання. Ці питання вирішують випускники. Фахівці інженерних спеціальностей вдосконалюють підготовку у фундаментальних та спеціальних науках на базі комплексного підходу до теоретичних та експериментальних досліджень навчального процесу ЗВО.

Метою спеціалізованих виробництв завжди було задоволення існуючих та формування новітніх потреб споживачів. Поява новітніх розробок хлібопекарських, макаронних, кондитерських та переробних виробництв вчених є своєчасним та актуальним вирішенням багатьох питань. Методологічною основою здійснення цих рішень з'являється теорія збалансованого харчування (рис. 1). Реалізація комплексу заходів досліджень спрямовано на вдосконалення якості та структури продукції.

Визначення засобів взаємовідношень енергетичного впливу в ході замісу тіста і якісних перетворень тіста, отриманих під час бродіння, призводять до отримання високоякісної продукції. Аналіз застосування сучасної методології дає змогу наблизитися до рі-



**Рисунок 1** — Взаємовідношення показників новітніх розробок теорії збалансованого харчування: 1 — початковий продукт із спеціалізованими технологічними властивостями — зерно пшениці (можливо використання інших видів сировини та їх сумішей) різних гатунків; 2 — рецептурна сировина, борошно вищого та інших гатунків: зольність, технологічні, фізичні, хімічні властивості вхідного продукту для здійснення ряду технологічних операцій; 3 — задані технологічні властивості: рівень однорідності, структура, хімічні, пружні, фізичні властивості напівфабрикату (тісто) та кінцевої продукції у спеціалізованих виробництвах; 4 — структура, форма, однорідність, запах, колір, скоринка, щільність м'якушки готової продукції хлібопекарських, макаронних, кондитерських та переробних виробництв.

шення проблем замісу тіста на високому технічному рівні. Вони базуються на предметах що відносяться до групи спеціальних навчальних дисциплін, що проводив автор у дослідженнях:

$$N_k = \sum_{n=1}^{\infty} N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7 + \dots + N_n,$$

де,  $N_k$  — взаємозв'язок комплексу показників пропонованої теорії приготування тіста з теорією збалансованого харчування;  $n$  — кількість показників інтеграції та взаємозалежності методології досліджень автора;  $\infty$  — кількість навчальних предметів по спеціалізованим дисциплінам, які викладав автор у ЗВО;  $N_1$  — навчальний предмет «Логістика» структура: лекції, лабораторні та практичні роботи, курсові проекти.  $N_2$  — навчальний предмет «Організація та технологія обслуговування в готелях (Організація готельного господарства)»;  $N_3$  — навчальний предмет «Вступ до фаху» — опирається на систематичність та неперервність отримання знань по спеціалізованим дисциплінам;  $N_4$  — навчальний предмет «Будівля, споруди, їх обладнання та експлуатація» — забезпечується адаптацією, розглядом та корегуванням викладання;  $N_5$  — навчальний предмет «Стандартизація в готелях» — ґрунтується на комплексному підході теоретичних та експериментальних досліджень;  $N_6$  — навчальний предмет «Промислові печі» — розглядає технології як алгоритм — напівфабрикат, проміжний продукт, готова продукція;  $N_7$  — навчальний предмет «Процеси і апарати» — реалізується через цілеспрямовану діяльність та здійснюється у взаємозв'язок;  $N_n$  — паспорт та вимоги за спеціальністю 05.18.12. — «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв».

Аналіз комплексного підходу методології досліджень автора опирається на застосування: педагогічної діяльності у навчальних предметах по спеціалізованим дисциплінам, фаху спеціальності 05.18.12. «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та

фармацевтичних виробництв» та створенні нових підходів у спеціалізованих виробництвах. Забезпечується адаптацією, аналізом та коригуванням методичного і педагогічного підходу через алгоритм, зображений на рис. 2.

Досягнення успіхів у цьому напрямку є використання зазначених методів під час розробки ряду окремих методів, що дозволило б поліпшити асортимент готової продукції. Питання розроблення та впровадження сучасних технологій приготування тіста, інтен-



**Рисуюнок 2** — Схема викладення у ЗВО навчальних предметів та здійснення досліджень автора

сифікації процесів замісу, підвищення продуктивності і рентабельності особливих виробництв та вдосконалення якості виготовленої продукції — актуальний напрям сучасної науки [1–3]:

( $N_k$ ) **Взаємозв'язок комплексу показників пропонованої теорії приготування тіста:** технічні показники технологій замісу тістомісильних машин і агрегатів періодичної та неперервної дії, вдосконалення організації технологій замісу.

Розглядає науково-технічний прогрес енергетичного впливу і контролю якісних та структурних змін у рецептурній суміші та тісті, приводить до створення новітніх підходів у проектуванні тістомісильних машин та агрегатів. У той же час сучасні методи планування експериментів і статистичної обробки їх результатів надають можливість створенню науково обґрунтованих передових технологічних процесів замісу тіста на базі взаємозв'язку комплексу показників технологій.

( $n$ ) **Кількість показників інтеграції та взаємодії методології досліджень автора:** період замісу тіста та рецептурної сировини (технологічна операція заміс та обминання).

Розглядає виробництва готової продукції, рецептура яких має значну кількість компонентів, необхідно застосовувати методи складання та аналізу енергетичного і якісного впливу при замісі. Водночас, теоретичні та експериментальні дослідження впливу харак-

тера і ступеня чинників роботи спеціалізованого обладнання основані на перетворенні енергетичного впливу під час проведення різноманітних технологій готової продукції.

( $\infty$ ) **Кількість навчальних предметів, які викладав автор у ЗВО:** аналіз спеціалізованих вискоєфективних виробництв, оцінка комплексного підходу досліджень, організування роботи тістомісильних машин та агрегатів.

Розглядає сучасні дослідження фундаментальних та прикладних наук, вимагає комплексний підхід в отриманні нових знань, заснованих на стику вимог наукових спеціальностей. Особливістю теперішніх досліджень викладачів у ЗВО є взаємозв'язок поколінь науковців минулих, майбутніх та теперішніх — зв'язок поколінь. Вони дають у викладенні різних навчальних предметів подивитися на дослідження викладача (автора) пропонованої теорії приготування тіста.

( $N_1$ ) **Предмет «Логістика»:** аналіз функціонування технологій замісу, пошук підвищення ефективності роботи обладнання, вирішення різноманітних проблем технологій замісу.

Розглядає харчові та переробні виробництва, аналізують процеси: планування, управління та реалізації результативним прибутковим рухом, розглядом рецептурної сировини та технологій готової продукції. Задум інтеграції системи керування поєднано з ціллю виготовлення продукції. Метою забезпечення є відповідність вимог споживача та можливостей обладнання, технологій і рецептурної сировини, задіяне у виготовленні.

( $N_2$ ) **Предмет «Організація та технологія обслуговування в готелях (Організація готельного господарства)»:** здійснення процесу замісу, керування організацією обслуговування, управління технологіями.

Розглядає приготування тіста в комплексному підході спеціалізованих технологій обслуговування всіх споживачів. В основу ефективності виробництв встановлюється питання асортименту готової продукції з однакової рецептурної сировини та різних підходів до її приготування. Ця методологія зводиться до підвищення результативності у напрямку об'єднання теоретичних та експериментальних досліджень в наукоємну організацію готельне господарства.

( $N_3$ ) **Предмет «Вступ до фаху»:** різноманітні вимоги та варіювання технологій замісу, підняття ефективності функції обладнання, рішення проблем приготування тіста.

Розглядає комплексний методичний підхід виробництва, що сприяє розвитку який направлено на підвищення ефективності. Інтеграція створювання обладнання, керування порядком створення харчової продукції, пов'язана з метою роботи фахівців інженерних спеціальностей. Подальший процес аналізу, керування та виконання оперативно прибуткової динаміки основане на розгляді можливостей технологій замісу. Допускає оптимально вплинути на структуру і фізико-хімічні показники продукції.

( $N_4$ ) **Предмет «Будівля, споруди, їх обладнання та експлуатація»:** керування технологією замісу, корегування напрямку роботи обладнання, аналіз ефективності виготовлення тіста.

Розглядає виконання сучасних методологій виробництва у запитаннях впливу, корегуванні, аналізу та здійснення. Виконується як цілеспрямована діяльність взаємозалежності створення та експлуатації спеціалізованого обладнання технологій. Комплексний підхід у даному випадку направлено на виготовлення конкурентоспроможної продукції у заданому сегменті харчового ринку. При такому науковому підході можливо системно розглядати цикл виробництва.

( $N_5$ ) **Предмет «Стандартизація в готелях»:** планування, організація та контроль процесу стандартизації, рішення різноманітних проблем технологій, розробка сучасних методичних підходів до роботи.

Розглядає стандартизацію харчових та переробних технологій через побудову, відзнаки та асортимент готової продукції. Головне завдання, яке існує перед готелем — створення вискоєфективних стандартів обслуговування. Реалізується через розширення асортименту виготовленої продукції із однієї рецептурної сировини на базі застосування прогресивних технологій. Впровадження сучасних методологій підвищує ефективність готелів у сучасних умовах.

( $N_6$ ) **Предмет «Промислові печі»:** оцінка управління процесу замісу, керування обладнанням для приготування тіста, управління методологію замісу в умовах сучасності.

Розглядає приготування тіста в методичному підході — рецептурна сировина, напівфабрикат, проміжний продукт, готова продукція. Асортимент продукції спеціалізованих виробництв спрямовано на повне задоволення різноманітного попиту споживачів. Він реалізується через впровадження сучасних підходів по составу, структурі, однорідності та зовнішньому вигляду готової продукції. Зводиться до підняття результативності виробництва.

( $N_7$ ) **Предмет «Процеси і апарати»:** визначення змож керування процесом замісу тіста, спроможність управління технології процесів перемішування тіста, програмування на стадії виготовлення тіста.

Розглядає роботу тістомісильних машин та агрегатів (спеціалізованого обладнання) через процеси управління, планування, координації, організації, реалізації. Здійснюється через діяльність технологій взаємозв'язку операцій: обліку, контролю, аналізу, регулювання енергетичного впливу на тісто. Цей науковий підхід спрямовано на створення конкурентоспроможної продукції відмінної та більш корисної на основі високоякісних характеристик тіста.

Інтеграція пропонованої теорії приготування тіста у навчальному процесі ЗВО потребує координації вимог навчальних предметів по спеціалізованим дисциплінам та досліджень автора. Цей науковий підхід дає можливість підняти підготовку фахівців інженерних спеціальностей на новий рівень. Подальший розвиток запропонованих інновацій підвищує ефективність хлібопекарських, макаронних, кондитерських та переробних виробництв і розширює асортимент виготовленої продукції.

Отримання знань по науковим напрямкам навчальних предметів забезпечується адаптацією, аналізом та коригуванням викладання лекцій, лабораторних та практичних робіт, виконанням курсових і дипломних робіт та інших видів викладацької роботи. Цей системний підхід реалізується через методику досліджень теорії приготування тіста пропонує розширення задоволення потреб споживачів та формування нового асортименту готової продукції.

**Висновки.** Вдосконалення взаємопов'язаних процесів при викладенні навчальних предметів у закладах вищої освіти та дослідженнях автора пропонованої теорії, приготування основане на застосуванні системного аналізу нової методології:

Викладення досліджень автора дає розуміння взаємовідношення теоретичних та практичних досліджень дає можливість вдосконалення підготовки випускників.

Проведені дослідження вказали на аналіз інтегрування пропонованої теорії приготування тіста у навчальний процес закладів вищої освіти.

Спеціалізоване обладнання харчових та переробних підприємств в складі яких роблять тістомісильні машини і агрегати може удосконалюватися.

### Список літератури

1. Янаков В. П. Обґрунтування параметрів та режимів роботи тістомісильної машини періодичної дії : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.18.12. Донецьк, 2011. 20 с.
2. Янаков В. П. Методичні та практичні аспекти теорії приготування тіста. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2020. №. 2 (39). С. 59–66.
3. Янаков В. П., Ланже О. Інтеграційні аспекти пропонованої теорії приготування тіста. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2020. № 3 (40). С. 36–43.
4. Турленко Н. В. Інвестиційні механізми регіональних структурних трансформацій в агросфері : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра економ. наук : 08.00.05. Одеса, 2020. 40 с.
5. Аксьонова О. В. Регулювання контрактних відносин регіональних вертикально інтегрованих підприємницьких структур агробізнесу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. економ. наук : 08.00.05. Одеса, 2018. 20 с.

6. Губко В. І. Механізми управління фінансово-економічними результатами діяльності аграрних підприємств : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. економ. наук : 08.00.05. Одеса, 2020. 20 с.
7. Слюсарєва Л. В. Системи управління конкурентоспроможністю аграрних підприємств: теорія, методологія, практика : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра економ. наук : 08.00.04. Одеса, 2016. 40 с.
8. Ткачук Г. О. Економічна безпека підприємств в умовах трансформаційних перетворень : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра економ. наук : 08.00.05. Одеса, 2020. 40 с.
9. Степанов Д. С. Діагностика економічної безпеки сільськогосподарських підприємств : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. економ. наук : 08.00.04. Одеса, 2019. 20 с.
10. Горін В. В. Наукове обґрунтування методів розрахунку теплообміну під час плівкової конденсації у середині труб : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 05.14.06. Одеса, 2020. 40 с.
11. Швець М. В. Теплофізичне моделювання транспорту вологої пари в тонких пористих середовищах і напівпроникних мембранах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.14.06. Одеса, 2019. 20 с.
12. Галкін В. М. Фазова рівновага рідина-пара в бінарних сумішах компонентів повітря : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.14.06. Одеса, 2020. 20 с.

#### References

1. Yanakov, V. P. (2011). *Obgruntuvannia parametriv ta rezhymiv roboty tistomisylnoi mashyny periodychnoi dii* [Rationale of parameters and operating modes of the kneading machine periodic action. Abstract of PhD in Engineering sciences thesis ]. Donetsk, 20 p.
2. Yanakov, V. P. (2020). *Metoduchni ta practuchni aspektu proponovanoj teorii prugotuvanny tista* [Dough baking technologies complex research analysis], *Obladnannia ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies], no. 1 (40), pp. 59–66.
3. Yanakov, V. P., Lange, O. (2020). *Integrasiyni analiz proponovanoj teorii prugotuvanny tista* [Dough baking technologies complex research analysis]. *Obladnannia ta tekhnologii kharchovykh vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies], no. 2 (39), pp. 36–43.
4. Turlenko, N. V. (2020). *Investytsiini mekhanizmy rehionalnykh strukturnykh transformatsii v ahrosferi* [Investment mechanisms of regional structural transformations in the agrosphere. Abstract of Grand PhD in Economic sciences thesis]. Odessa, 40 p.
5. Aksenova, O. V. (2020). *Rehuliuвання kontraktnykh vidnosyn rehionalnykh vertykalno intehrovanykh pidpriemnytskykh struktur ahrobiznesu* [Regulation of contractual relations of regional vertically integrated business structures of agribusiness. Abstract of PhD in Economic sciences thesis]. Odessa, 18 p.
6. Gubko, V. I. (2020). *Mekhanizmy upravlinnia finansovo-ekonomichnymy rezultatamy diialnosti ahrarnykh pidpriemstv* [Mechanisms for managing the financial and economic performance of agricultural enterprises. Abstract of PhD in Economic sciences thesis]. Odessa, 20 p.
7. Slusareva, L. V. (2019). *Systemy upravlinnia konkurentospromozhnistiu ahrarnykh pidpriemstv: teoriia, metodolohiia, praktyka* [Competitiveness management systems of agricultural enterprises: theory, methodology, practice. Abstract of Grand PhD in Economic sciences thesis]. Odessa, 40 p.
8. Tkachuk, H. O. (2020). *Ekonomichna bezpeka pidpriemstv v umovakh transformatsiinykh peretvoren* [Economic security of enterprises in the conditions of transformational transformations. Abstract of Grand PhD in Economic sciences thesis], Odessa, 40 p.
9. Stepanov, D. S. (2019). *Diahnostyka ekonomichnoi bezpeky silskohospodarskykh pidpriemstv* [Diagnostics of economic security of agricultural enterprises. Abstract of PhD in Economic sciences thesis]. Odessa, 20 p.
10. Gorin, V. V (2020). *Naukove obgruntuvannia metodiv rozrakhunku teploobminu pid chas plivkovoї kondensatsii u seredyi trub* [Scientific substantiation of methods of calculation of heat



exchange during film condensation inside pipes. Abstract of Grand PhD in Economic sciences thesis]. Odessa, 40 p.

11. Shvets, M. V. (2019). *Teplofizychni modeliuvannia transportu volohoi pary v tonkykh porystykh seredovyshchakh i napivpronyknykh membranakh* [Thermophysical modeling of the moist vapour transport through the thin porous structures and semi-permeable membranes. Abstract of PhD in Engineering sciences thesis]. Odessa, 20 p.

12. Halkin, V. N. (2020). *Fazova rivnovaha ridyna-para v binarnykh sumishakh komponentiv povitria* [Liquid-vapor phase equilibrium of binary mixtures of air components. Abstract of PhD in Engineering sciences thesis]. Odessa, 20 p.

**Objective.** *Use and application of a proposed theory of dough preparation while teaching at high education institutions and conducting research.*

**Methods.** *The work uses and considers scientific research, modern methods of comparative analysis, modeling systems.*

**Results.** *Improvement of bakery, pasta, confectionery and processing industries looks at expansion and progress for manufactured products. The main task of basic and applied sciences is to manufacture specialized equipment, focus on improvement of advanced technological processes and their hardware implementation. Research and development of theory for dough preparation introduces an opportunity to higher education institutions. Research and findings allow to add and shape directions of experts' training in engineering specialties like, but not limited to: «Logistics», «Organization and technology of service in hotels (Management of hotel economy)», «Introduction to a specialty», «Building, constructions, equipment and operation», «Hotel Standardization», «Industrial furnaces», «Processes and equipment». Multi-disciplinary approach is based on interconnection and continuity of knowledge in specialized disciplines. The combination of pedagogical and experimental scientific activity is based on availability of educational tools and is marked by the degree of preparation of graduates. Improvements of teaching is based on adaptation, analysis and adjustment of teaching lectures, laboratory and practical works, performance of course and diploma works and other types of teaching work. Diverse scientific approaches laid a foundation for the integration of the new methodology and the theory of balanced nutrition. A systematic approach to the method of application of the proposed theory of dough preparation was created using the complex requirements and specific requirements of the specialty 05.18.12. — «Processes and equipment, microbiological and pharmaceutical industries».*

**Key words:** *dough, technology, process, energy impact, dough preparation theory, pedagogy, university.*

*Червоний В. М., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>**Кононикін В. Д., аспірант<sup>1</sup>**Перекрест В. В., асистент<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків, Україна e-mail: oborud.hduht@gmail.com.

<sup>2</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: perekrest@donnuet.edu.ua.

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ТУШОК СТАВКОВОЇ РИБИ

UDC 621.789:664.9.022

*Chervonyi V. M., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>**Kononykin V. D., Graduate Student<sup>1</sup>**Perekrest V. V., Assistant Professor<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Kharkiv, Ukraine e-mail: oborud.hduht@gmail.com.

<sup>2</sup> Mykhailo Tuhon-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: perekres@donnuet.edu.ua.

### EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE ELECTROPHYSICAL PROCESS OF CLEANING POND FISH CARCASSES

**Мета.** Мета статті полягає в дослідженні способу очищення тушок ставкової риби з використанням ультразвукової обробки. Дослідження відповідного процесу дозволить отримати раціональні параметри, що сприятимуть інтенсифікації технологічного процесу очищення ставкової риби від луски та нутроців.

**Методи.** У процесі досліджень використано експериментальні методи досліджень з використанням контрольно-виміральної апаратури відповідної точності, стандартні методи дослідження харчової сировини, сучасні методи математичної статистики.

**Результати.** Запропоновано для очищення риби використовувати електрофізичну обробку. Проведено аналіз сучасного стану процесів та апаратів для переробки ставкової риби. Визначено, що застосування магніострикційного перетворювача з резонансною частотою випромінювання стандартного ряду, що випускалися та випускаються промисловістю призводить до зменшення витрат на виробництво відповідного обладнання, а отже, і на зниження собівартості очищених тушок риби. Визначено, що механічний вплив дії ультразвукових хвиль високої інтенсивності (до 5 Вт/см<sup>2</sup>) викликає порушення цілісності білків сполучної тканини лускових сумок, що відповідно знижують зусилля відриву луски від поверхні риби. Для проведення досліджень розроблено конструкцію експериментальної установки з метою вивчення показників процесу відриву луски з поверхні шкіри риби. Під час дослідження процесу очищення тушок коропа від луски було отримано залежність зусилля відриву луски залежно від тривалості обробки ультразвуковими хвилями для тушок риби різного типорозміру — до 0,5 кг, до 1,0 кг, до 1,5 кг. За результати дослідження виявлено вплив на зміну зв'язку луска-шкіра під час дії ультразвукових коливань частотою 22 кГц для різних типорозмірів тушок риб. Так, використання означеної частоти скорочують тривалість обробки на 27...34 % для коропа. Отримані дані будуть використані під час дослідження процесу видалення нутроців досліджуваних видів ставкової риби для запровадження ресурсозберігальних процесів переробки. Реалізація результатів дослідження дозволяє впровадити комплексну технологію переробки ставкової риби, видалення луски та використання шкіри риб під час виробництва шкіргалантерейних виробів.

Надійшла до редакції 12.04.2021 р.

© В. М. Червоний, В. Д. Кононикін,  
В. В. Перекрест, 2021

**Ключові слова:** риба ставкова, очищення, луска, нутрощі, ультразвук, коливання, частота.

**Постановка проблеми.** Очищення ставкової риби є ресурсовитратним процесом, тому що він відбувається за декількома напрямками: по-перше — це очищення тушок риби від луски, по-друге — очищення від нутрощів.

Очищення риби від луски є проміжним етапом технологічної операції обробки риби. Основна мета очищення риби від луски — це забезпечення мікробіологічної стабільності та надання необхідних органолептичних властивостей рибній сировині.

Одним з основних чинників, що перешкоджають використанню ставкової риби для промислової переробки в напівфабрикати і готові кулінарні вироби, є наявність щільного лускатого покриву, який необхідно видаляти на стадії первинної обробки тушок. Луска утворює на тілі риби гнучкий панцир. Кожна лусочка утримується своєю основою в кишені верхнього шару дерми, а вільним кінцем налягає на наступну лусочку. Луска являє собою тонкі пружні фіблярні пластинки, на нижньому боці яких знаходяться дрібні кристали гуаніну, придатного для виготовлення перлового пату, а самі лусочки на 80 % складаються з колагену, придатного для виготовлення клейових речовин [1].

Луска — це тверді метамерні пластинки риби, що виконують захисну функцію. Луска забезпечує гладкість поверхні тіла і запобігає виникненню складок шкіри. Розрізняють декілька типів луски, основними з яких є три: плакоїдна, ганоїдна й еласмоїдна. Плакоїдна луска складається з дентину, а зверху вкрита емаллю. Ганоїдна луска сформована кістяними пластинками, що зверху вкриті шаром схожої на дентин речовини — ганоїдину. Для кистеперих риб характерна космоїдна луска, зовнішня поверхня якої утворена шаром косміну, а поверх нього дентину. Луска вкрита слизом, який виділяє шкіра для зменшення опору зустрічного потоку води.

Видовий та віковий склад промислових риб різноманітний; тушки мають значні відхилення по довжині, ширині й товщині. Унаслідок цього видалення луски є надзвичайно складним і трудомістким процесом.

Істотно впливатиме на можливість комплексної переробки ставкової риби вирішення проблеми очищення ставкової риби шляхом одночасного відділення луски з поверхні тушок риби та нутрощів.

Ураховуючи, що сучасні підприємства прагнуть зробити технології безвідходними, постає питання щодо розробки інноваційних способів очищення тушок риби без механічних пошкоджень шкірного покриву, що дасть можливість збільшити прибутковість підприємств за рахунок більш повного використання ресурсів. У зв'язку з цим, упровадження ультразвукової обробки може бути доцільним із метою раціонального використання рибної сировини, що може сприяти вирішенню завдань галузі.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Грунтуючись на дослідженнях І. Е. Ельпінера, В. М. Хмелева, Г. М. Постнова [2–4], присвячених питанню використання ультразвуку, заснованого на властивостях і специфічності впливу ультразвукових коливань на масообмінні процеси, можна висунути гіпотезу, що як основу ультразвукової обробки риби можна використати енергетичний вплив ультразвукових коливань на клітинну структуру риби, за якого відбуваються як змінні процеси у м'язових волокнах, так і активація ферментного комплексу, що інтенсифікує процеси деструкції сполученої тканини і зменшує витрати енергетичних ресурсів.

У рибній промисловості використовуються лускоочисні машини, які обробляють рибу поштучно, та машини (лускоочисні барабани), які не потребують ручного орієнтування та поштучної подачі риби. Проте зазначені пристрої засновані на принципі грубого механічного впливу на лускатий покрив тушок риби за допомогою металевих фрез або абразивної поверхні [5]. Це призводить до пошкодження шкірного покриву тушок, окремі ділянки тушок залишаються недоочищеними і вимагають значних трудовитрат.

Розроблені також способи видалення луски повітрям, водою та змішаним струменем. Проте широке застосування даних способів не доцільне через високий тиск у пристроях,

а також неможливість рівномірно обробляти тушки риби водно-повітряним струменем. Існує спосіб ферментативного видалення луски разом зі шкірою і нутрощами шляхом впливу на шматочки риби протосубтиліну [7]. Проте під час реалізації зазначеного способу втрачається така цінна технічна сировина як шкіра риби.

Відомі також термічні способи видалення луски разом зі шкірою [8]. Аналіз показав, що їм властиві такі недоліки: шкіра втрачає харчовий та технічний потенціал і потрапляє у відходи, втрачається шар жиру та поверхневий шар риби починає проварюватися.

Таким чином, головним недоліком діючих технологій переробки ставкової риби є нерациональне використання харчового та технічного потенціалу сировини. Невирішеним питанням залишається удосконалення процесу очищення шляхом впровадження на відповідному етапі процесу видалення нутрощів.

**Мета статті.** Мета статті полягає в дослідженні способу очищення тушок ставкової риби з використанням ультразвукової обробки для отримання раціональних параметрів, що сприятимуть інтенсифікації технологічного процесу очищення ставкової риби від луски та нутрощів.

Предметом дослідження було обрано коропа, товстолобика та білого амура, які є основними видами ставкової риби, що вирощуються в Україні. Так, за даними Держстату України ставковий фонд становить близько 190 000 га водної площі, з них зариблена близько 85 000 га; щорічний вилов риби в них — близько 40 000 т.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** В основу дослідження було поставлено завдання удосконалення способу очищення ставкової риби за рахунок залучення електрофізичних методів обробки.

Перший етап процесу очищення планується проводити з використанням ультразвукової обробки. Авторами запропоновано, щоб процес відбувався наступним чином: на першому етапі необхідно провести занурення тушок риби у воду, їх витримку та видалення луски за допомогою м'яких щіток у напрямі від голови до хвоста. Відмінність способу полягає в тому, що тушки риби у воді обробляють ультразвуковими хвилями стандартним рядом частот (15 кГц, 22 кГц, 35 кГц) тривалістю опромінення упродовж 400...1400 с з інтенсивністю до 5 Вт/см<sup>2</sup>.

Спосіб здійснюється таким чином. Тушки риби занурюють у ємність з водою та ультразвуковими випромінювачами, за допомогою яких відбувається обробка тушок риби ультразвуковими хвилями з інтенсивністю випромінювання 5 Вт/см<sup>2</sup> та відповідною частотою. Тушку риби витримують протягом 400...1400 с. У результаті цього відбувається вплив на білки сполучної тканини лускатої сумки та послаблення зв'язку між лускою та тушкою риби, після цього луска риби видаляється м'якими щітками у напрямі від голови до хвоста, тим самим не пошкоджуючи шкірного покриву риби, що зменшує кількість відходів.

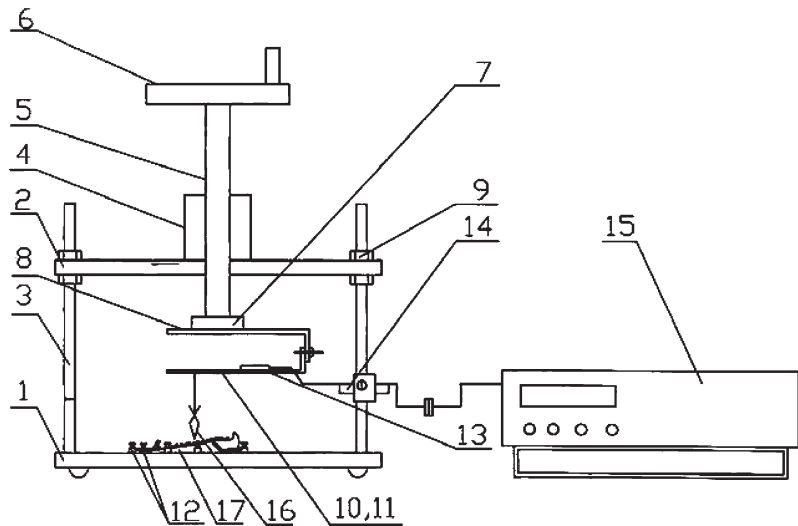
Обрання значення частоти ультразвукових хвиль на рівні стандартних частот з переліку ряду частот магнітострикційних випромінювачів, що випускалися та випускаються промисловістю зумовлено тим, що відповідний процес відбувається за рахунок мінімальних значень частоти ультразвукових коливань [9]. Це приводить до зменшення витрат на виробництво відповідного обладнання, а отже, і на зниження собівартості очищених тушок риби.

Обрана частота має найбільшу амплітуду коливання торця ультразвукового випромінювача, що збільшує енергетичний вплив на оброблювальну сировину. Так, дослідженнями доведено, що для ультразвукового магнітострикційного випромінювача з частотою 22 кГц амплітуда коливань торця випромінювача дорівнює 68 мкм, для 15 кГц — 50 мкм, для 35 кГц — 48 мкм.

Механічний вплив дії ультразвукових хвиль високої інтенсивності (до 5 Вт/см<sup>2</sup>) викликає порушення цілісності білків сполучної тканини лускових сумок, що відповідно знижують зусилля відриву луски від поверхні риби.

Для дослідження процесу відриву луски з лускової сумки риби було розроблено та створено експериментальну установку. Установка складається з наступних елементів (рис. 1).

Нерухома нижня пластина 1 поєднує закріплені на ній чотири стійки 3, на яких нарізано різьбу, та утримувачів зразка 12. На стійках за допомогою гайок регулювання висоти закріплено верхню опору 2 з можливістю її руху ввєрх чи вниз відповідно до дослідного зразка. На опорі 2 нерухомо зварено напрямну втулку 4, у внутрішній частині якої вгвинчено стрижень 5, на одному боці якого закріплено рукоять для обертання 6, а на другому — рухомий шарнір 7. По всій довжині стрижня 5 виконана різьба з дрібним кроком 0,25 мм, що дозволяє плавно переміщувати стрижень разом із закріпленими на ньому пластинами.



**Рисунок 1** — Схема експериментальної установки для дослідження процесу відриву луски з поверхні шкіри риби

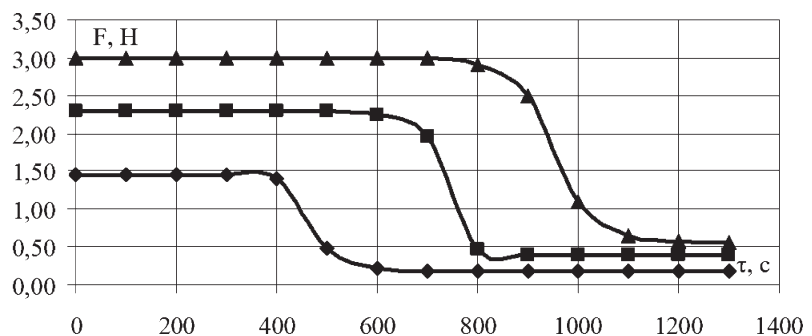
До шарніру нерухомо приєднана жорстка Г-подібна пластина 8. Шарнір виконано рухомим із тією метою, щоб під час підйому стрижня Г-подібна пластина переміщувалася тільки вертикально. У свою чергу до Г-подібної пластини приєднано дві тонкі гнучкі пластини 10 та 11, на яких закріплені тензодатчики опору 13. Гнучка пластина 10 є робочою пластиною, тоді як пластина 11 виконує роль точки відліку. У визначеній точці гнучких пластин на нитці підвішені захвати 16 для утримання луски під час відривання. З метою запобігання розриву контакту тензодатчиків із цифровим тензометричним вимірником ЦТИ-1 15 на стійках встановлено діелектричний ізолятор 14.

Тривалість обробки тушки риби на рівні 400...1400 с базується на результатах експериментальних досліджень. Наприклад, під час очищення тушок коропа від луски було отримано залежність зусилля відриву луски залежно від тривалості обробки ультразвуковими хвилями (рис. 2) для тушок риби різного типорозміру — до 0,5 кг, до 1,0 кг, до 1,5 кг. Для інших видів ставкових риб наведена залежність відрізняється в межах похибки експериментів.

За результати дослідження виявлено вплив на зміну зв'язку луска-шкіра під час дії ультразвукових коливань частотою 22 кГц для різних типорозмірів тушок риб. Так, використання означеної частоти скорочують тривалість обробки на 27...34 % для коропа. Це явище можна пояснити тим, що обрана частота має найбільшу амплітуду коливання торця ультразвукового випромінювача.

Похила ділянка кривої на рис. 2 свідчить, що під час ультразвукової обробки риби активно відбуваються процеси механічної деструкції білків сполучної тканини, які утримують луску, а значення зусилля відриву луски приймає найменше значення.

Зменшення зусилля відриву луски залежно від



**Рисунок 2** — Залежність сили зв'язку луска-шкіра для коропа від тривалості ультразвукової обробки (частота ультразвукових хвиль 22 кГц): 1 —  $m = 0,5$  кг; 2 —  $m = 1,0$  кг; 3 —  $m = 1,5$  кг

тривалості обробки ультразвуковими хвилями досягається без значного підвищення температури, що забезпечує високе значення органолептичних показників та збереження харчових властивостей рибної сировини.

Подальші наукові дослідження будуть спрямовані на вирішення проблеми відділення нутрошків ставкової риби під час проведення процесу очищення від луски.

**Висновки.** Проведені експерименти з дослідження зміни зв'язку «луска—шкіра» підтвердили правильність теоретичних розрахунків і дозволили отримати параметри проведення процесу очищення риби від луски з використанням ультразвукових випромінювачів. Отримані дані будуть використані під час дослідження процесу видалення нутрошків досліджуваних видів ставкової риби для запровадження ресурсозберігальних процесів переробки.

### Список літератури

1. Червоний В. М., Кононікін В. Д., Перекрест В. В. та ін. Проблеми впровадження безвідходної технології переробки ставкової риби та способи їх вирішення. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр.* / відпов. ред. О. І. Черевко. 2020. Вип. 2 (32). С. 118–126.

2. Хмелев В. Н., Сливин А. Н., Барсуков Р. В., Цыганок С. Н., Шалунов А. В. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности. Бийск : Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. 203 с.

3. Дейниченко Г. В., Постнов Г. М., Чеканов М. А. та ін. Безвідходна переробка м'яса з високим вмістом сполучної тканини з використанням ультразвуку : монографія / Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. Харків : Факт, 2012. 192 с.

4. Крендалл И. Б. Акустика : пер. с англ. 4-е изд. М. : Libroком, 2009. 171 с.

5. Голубев В. Н., Кутина О. И. Справочник технолога по обработке рыбы и морепродуктов. СПб. : ГИОРД, 2005. 408 с.

6. Постнов Г. М., Яковлев О. В. Особливості застосування обладнання для промислового соління риби. *Актуальні проблеми харчової промисловості: матер. всеукр. наук.-техн. конф. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя*, 2013. С. 99–100.

7. Технология рыбы и рыбных продуктов / под ред. Ершова А. М. СПб. : ГИОРД, 2006. 941 с.

8. Дегтярев В. Н. Гидромеханические процессы обработки гидробионтов : монография. Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2008. 171 с.

9. Голямина И. П. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. М. : Книга по Требованию, 2013. 400 с.

### References

1. Chervonyi, V. M., Kononykin, V. D., Perekrest, V. V. etc. (2020). *Problemy vprovagennya bezvidchidnoi tekhnologii pererobky stavkovoï ryby ta sposoby ii vyrishchennya* [Problems of introduction of waste-free technology of pond fish processing and ways of their solution]. *Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli* [Advanced techniques and technologies of food production, restaurant business and trade], issue 2 (32), pp. 118–126.

2. Hmelev, V. N., Slivin, A. N., Barsukov, R. V., Cyganok, S. N., Shalunov, A. V. (2010). *Primenenie ul'trazyuka vysokoy intensivnosti v promyshlennosti* [The usage of high-intensity ultrasound in industry]. Biysk, Alt. state tech. un. Publ., 203 p.

3. Deinychenko, H. V., Postnov, H. M., Chekanov, M. A., Chervonyi, V. M., Nechyporenko, D. A. (2012). *Bezvidkhodna pererobka miasa z vysokym vmistom spoluchnoi tkanyny z vykorystanniam ultrazyuku* [Waste-free meat processing with high content of connective tissue using ultrasound]. Kharkiv, Fakt Publ., 240 p.

4. Crandall, I. B. (2009). *Acoustics* : trans. from English 4th ed. Moscow, Librokom Publ., 171 p.

5. Golubey, V. N., Kutina, O. I., (2005). *Spravochnik tehnologa po obrobotke ryby i more-produktov* [Handbook of a technologist for processing fish and seafood]. St. Petersburg, GIORD Publ., 408 p.

6. Postnov, G. M., Yakovlev, O. V., (2013). *Osoblyvosti zastosuvannya obladnannya dlya promyslovogo solinnya ryby* [Features of the use of equipment for industrial pickling of fish]. *Actualni problemy charchovoi promyslovosti: mater. vseukr. nauk.-tchn. konf.* [Actual problems of the food industry : Mater. All-Ukrainian scientific and technical conf.]. Ternopil, TNTU Publ., pp. 99–100.

7. Ershov, A. M. (ed.) (2006). *Tehnologiya ryby i rybnykh produktov* [Technology of fish and fish products]. SPb.: GIORD, 941 p.

8. Degtjarev, V. N. (2008). *Gidromehanicheskie processy obrabotki gidrobiontov* [The hydro-mechanical processing of hydrobionts]. Petropavlovsk-Kamchatkyi, KamchatGTU Publ., 171 p.

9. Goljamina, I. P. (2013). *Ul'trazvuk. Malen'kaja jenciklopedija* [Ultrasound. Small encyclopedia]. Moscow, Book on demand Publ., 400 p.

**Objective.** *The purpose of the article is to study a method for cleaning pond fish carcasses using ultrasonic processing. The study of the corresponding process will allow obtaining optimal parameters that contribute to the intensification of the technological process of cleaning pond fish from scales and viscera.*

**Methods.** *In the process of research, experimental research methods were used with the use of control and measuring equipment of appropriate accuracy, standard techniques for the study of food raw materials, modern methods of mathematical statistics.*

**Results.** *It is proposed to use electrophysical processing for the fish cleaning process. The analysis of the current state of the processes and devices for the processing of pond fish is carried out. It has been determined that the use of a magnetostrictive transducer with a resonant radiation frequency of a standard series of emitters produced by the industry leads to a decrease in the production costs of the corresponding equipment, and, consequently, to a decrease in the cost of cleaned fish carcasses. It has been determined that the mechanical effect of the action of high-intensity ultrasonic waves (up to 5 W/cm<sup>2</sup>) causes a violation of the integrity of the proteins of the connective tissue of the scaly bursae, respectively, reduces the force of detachment of the scales from the surface of the fish. For research, the design of an experimental setup was developed to study the indicators of the process of detachment of scales from the surface of fish skin. During the study of the process of cleaning carp carcasses from scales, the dependence of the force of detachment of scales depending on the duration of treatment with ultrasonic waves for fish carcasses of different standard sizes was obtained — 0.5 kg, 1.0 kg and 1.5 kg. According to the results of the study, the effect on the change in the scales-skin connection during the action of ultrasonic vibrations with a frequency of 22 kHz for various standard sizes of fish carcasses was revealed. So, using the specified frequency, I reduce the processing time by 27... 34 % for carp. The data obtained will be used to study the process of removing the entrails of the studied species of pond fish for the introduction of resource-saving processing processes. The implementation of the research results allows the introduction of a comprehensive technology for the processing of pond fish, the removal of scales and the use of fish skin in the manufacture of leather goods.*

**Key words:** *pond fish, cleaning, scales, viscera, ultrasound, vibrations, frequency.*

# РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРЕСИВНОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

DOI : 10.33274/2079-4827-2021-42-1-128-139

УДК 664.512.011.56:681.3

*Хорольський В. П., д-р техн. наук, професор<sup>1</sup>*

*Коренець Ю. М., старший викладач<sup>1</sup>*

*Копайгора О. К., асистент<sup>1</sup>*

*Заїкіна Д. П., асистент<sup>1</sup>*

*Петрушина Ю. М., магістрантка<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: horolskiy@donnuet.edu.ua.

## МЕТОДИ ТА ФУНКЦІЇ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В АСУ-АСУТП ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

UDC 664.512.011.56:681.3

*Khorolskiy V. P., Grand PhD of Engineering Science,  
Professor<sup>1</sup>*

*Korenets Yu. M., Senior Lecturer<sup>1</sup>*

*Kopayhora O. K., Assistant Professor<sup>1</sup>*

*Zaikina D. P., Assistant Professor<sup>1</sup>*

*Petrushyna Yu. M., Master's Degree student<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Mykhailo Tuhan-Baranovskiy Donetsk National University of Economics and Trade, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: horolskiy@donnuet.edu.ua.

## METHODS AND FUNCTIONS OF TECHNOLOGICAL PROCESS CONTROL IN ACS-APCS OF FOOD PRODUCTIONS

**Мета.** Метою статті є розробка методів і функцій керування технологічними процесами в автоматизованих системах управління виробництвом SMART-продуктів харчування.

**Методи.** Методичну основу досліджень складають: методи дослідження ідентичності технологічних процесів харчових виробництв за фізико-хімічною природою, наявності матеріальних і енергетичних внутрішніх зв'язків, що дозволяє побудувати математичні моделі, базу даних, базу знань як дискретних, безперервно дискретних процесів, так і безперервних процесів виробництва за допомогою автоматизованих інформаційних систем; використані методи теорії системного аналізу (для структурної декомпозиції процесів виробництва SMART-продуктів харчування), теорії ідентифікації систем, теорії цифрової обробки сигналів з метою проектування мікропроцесорних систем керування нижнього рівня.

**Результати.** Розроблено методологію проектування багаторівневих АСУТП хлібозаводів з виробництвом видів продукції, верхній рівень яких забезпечує функції цифровізації: стратегічного та оперативного планування, зв'язків з постачальниками та споживачами продукції в реальному масштабі часу; прийняття рішень щодо гнучкого оновлення та адаптації продукції до змін її споживчих характеристик; зниження собівартості та ресурсомісткості виробництва хлібобулочних виробів з підвищенням екологічності за рахунок оптимізації роботи обладнання в режимі реального часу та розробки інноваційних SMART-продуктів для регіонів із забрудненими територіями. Доведено, що узгоджене пряме цифрове керування локальними системами та інформаційне забезпечення диспетчерського MES-управління дозволяє оптимізувати траєкторію виробництва видів продукції в умовах зміни якості сировини (борошна) та робочих параметрів обладнання із вбудованими робототехнологічними комплексами.

Надійшла до редакції 26.03.2021 р.

© В. П. Хорольський, Ю. М. Коренець,  
О. К. Копайгора, Д. П. Заїкіна,  
Ю. М. Петрушина, 2021



**Ключові слова:** технологічний процес, АСУ, АСУТП, цифрові системи, реальний масштаб часу, оптимізація.

**Постановка проблеми.** Технологічні процеси харчових виробництв відносяться до складних технологічних процесів з високим рівнем невизначеності. Основним критерієм, за яким їх відносять до того чи іншого типу, є ідентичність цих процесів щодо фізико-хімічної природи, наявності матеріальних і енергетичних внутрішніх зв'язків.

Одним із ознак класифікації харчових технологічних процесів є їх поділ на дискретні, безперервні, безперервно-дискретні процеси. Технологічні процеси харчової промисловості розділяють за фізичною природою, конструктивним оформленням, способами керування, ідентифікацією обробки і передачею інформації. Відповідно до теорії систем виокремимо типові технологічні процеси харчової промисловості: механічні, гідродинамічні, теплообмінні, масообмінні, термодинамічні, дифузійні, хімічні та мікробіологічні.

Характер управлінського технологічного процесу в часі визначається безперервністю або дискретністю надходження сировини, напівфабрикатів та виробництва готового продукту, що визначається часом їх надходження в стійкому і нестійкому стані.

За характером відповідно до часової характеристики технологічні процеси можуть бути розділені на безперервні, безперервно-дискретні та дискретні. Вони відрізняються один від одного стабільністю, стаціонарністю, продуктивністю [1].

Автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУТП) — це людино-машинні системи, що забезпечують автоматизовані збір, обробку інформації та управління технологічними об'єктами відповідно до визначених критеріїв.

Критеріями управління АСУТП є техніко-економічні показники (наприклад, собівартість готового продукту, продуктивність технологічного об'єкту керування (ТОК) при стандартному показнику якості продукції).

АСУТП — одне із найбільш специфічних застосувань обчислювальної техніки. ЕОМ та пристрої, які входять до складу АСУТП, керують ТОК та функціонують в режимі реального часу. При цьому обчислювальна техніка забезпечує: виконання задач запуску та зупинки обладнання; контроль його стану й захисту від перевантаження; підтримання заданого режиму роботи обладнання та стабілізації окремих технологічних параметрів; оптимізацію якісних і кількісних показників роботи окремих агрегатів і технологічних дільниць підприємств у цілому; цифрове керування технологічним процесом тощо.

Значних перешкод в управлінні безперервними технологічними процесами при проектуванні АСУ-АСУТП не виникає внаслідок їх стаціонарності. Для дискретних процесів (особливо для завершальних виробничих процесів) виникають труднощі проектування АСУ-АСУТП, пов'язані з нестаціонарністю та низькою точністю контролю параметрів, що характеризують робочі характеристики процесу та якість продуктів харчування.

Для вирішення цієї проблеми в статті запропоновано принципи побудови сучасних АСУ-АСУТП, які дозволять одержувати продукцію, що відповідатиме стандартам ЄС за рахунок вбудованих в технологічний процес робототехнологічних комплексів [2], MES-та ERP-систем, хмарних технологій, цифрових платформ та промислового Інтернету-речей (IIoT) [3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У сучасній практиці виробництва харчової продукції для регіонів з високим рівнем екологічного забруднення сьогодні можна відзначити тенденції збільшення обсягів виробництва SMART-продуктів харчування з широким використанням білкових інгредієнтів тваринного та рослинного походження, а також додаткових джерел есенціальних нутрієнтів. При цьому створення інноваційних технологій з метою покращення якості харчування населення на забруднених територіях, тісно пов'язана з проблемою забезпечення екологічно чистою вітчизняною сировиною та пошуком ефективних способів її переробки з впровадженням безлюдних технологій та робототехнологічних комплексів.

Таким чином, сучасним тенденціям створення полікомпонентних SMART-продуктів харчування, що відповідатимуть оптимальному ступеню задоволення потреб різних верств

населення за фізіологічними нормами, повинні відповідати проектні рішення щодо розробки інформаційних систем автоматизованого керування технологічними процесами виробництва харчових продуктів.

Значний вклад у рішення проблеми інформаційного забезпечення автоматизованого керування процесами виробництва харчових продуктів внесли дослідження таких відомих вчених, як Б. М. Гончарук, А. П. Ладанюк, В. Г. Трегуб, І. В. Ельперін, Л. Н. Плужніков та багато інших науковців та спеціалістів сфери харчової промисловості [3, 4, 5, 6].

**Метою статті** є розробка методів і функцій керування технологічними процесами в автоматизованих системах управління виробництвом SMART-продуктів харчування.

**Виклад основного матеріалу.** Основним призначенням АСУТП в підприємствах харчової промисловості є цілеспрямоване проведення технологічних процесів для одержання в достатній кількості харчових продуктів належної якості з найменшими витратами та забезпечення суміжних та галузевих АСУ необхідною інформацією.

Основними завданням вдосконалення АСУТП на даному етапі розвитку харчової промисловості України є впровадження цифрових систем, робототехнологічних комплексів, які будуть зменшувати матеріальні та енергетичні затрати, створювати екологічну стійкість і надійність виробничих структур, а головне, гарантувати функціонування системи в заданих значеннях оптимізації технологічних параметрів [7, 8, 9].

Основними завданнями оптимізації технологічних процесів є:

- пошук та підтримання оптимального режиму, який характеризується вектором вхідних параметрів стану об'єкту керування  $X$  та відповідного вектору вихідних чинників  $Y$ ;
- переведення технологічного обладнання з одного режиму роботи в інший з метою гнучкого виробництва SMART-продуктів харчування за допомогою цифрових систем керування;
- оперативне керування групою технологічних ліній (робототехнологічних комплексів) за рахунок алгоритмів координації та узгодженого управління виробництвом продукції;
- структурне управління групою підприємств-постачальників галузі виробництва SMART-продукції, системою енергозабезпечення, контроль викидів  $CO_2$  з платформами машинного навчання (ML), виведення в ремонт обладнання (SMART-ремонт), вмикання резерву, діагностування стану обладнання з метою мінімізації впливу на навколишнє середовище;
- оптимальне планування виробничих програм та потоків грошей за допомогою ERP-систем з використанням хмарних технологій і ПЗ з метою фінансового моделювання бізнес-процесів та проектів розробки SMART-продуктів.

Таким чином, оптимізацію процесів виробництва SMART-продуктів харчування для територій з техногенним тиском можна подати у вигляді моделі виду:

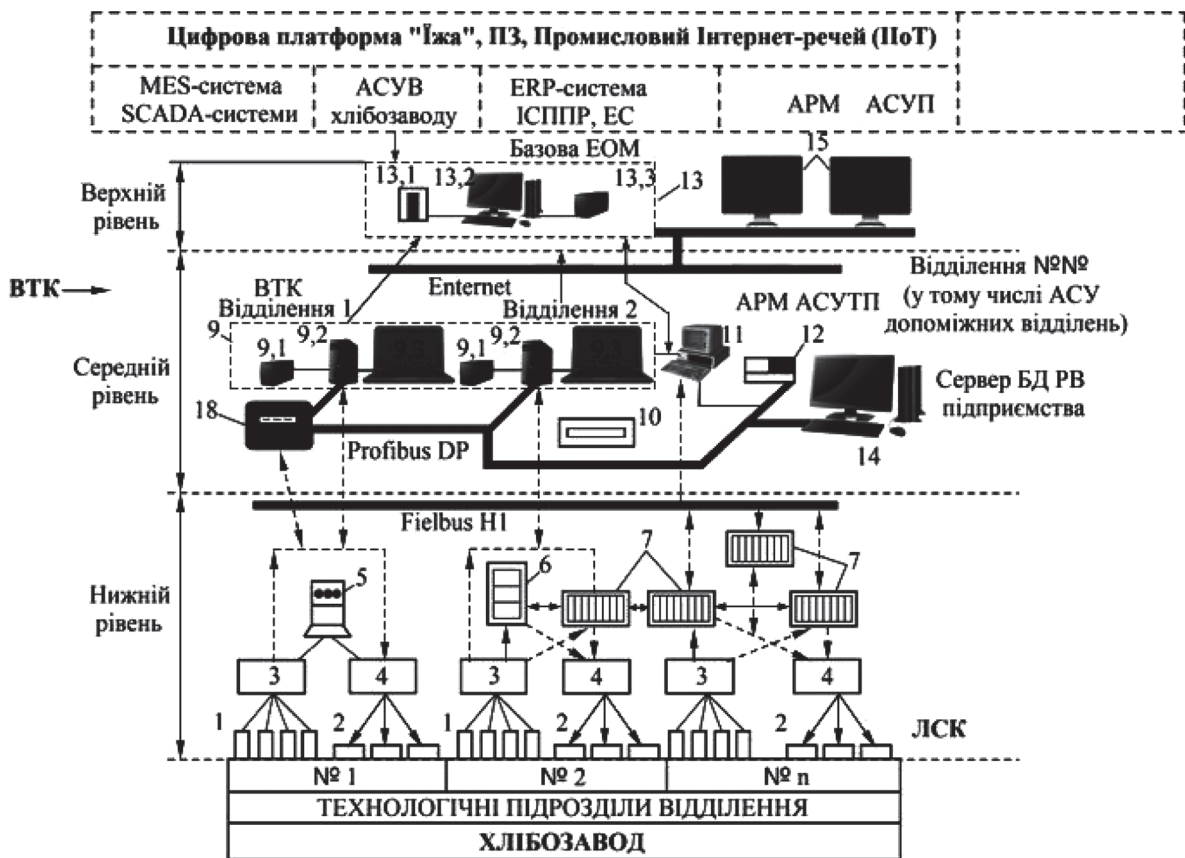
$$J = F(X, U, Y, Z, t) dt, \quad (1)$$

де  $X, U, Y, Z$  — вектори параметрів стану відповідно об'єкта управління, сигналів керування, вихідних змінних, збурень;  $F$  — функціонал.

Технологічні відділення та підрозділи сучасних хлібозаводів складаються із десятків технологічних апаратів, робототехнологічних комплексів, установок, в яких відбуваються технологічні процеси виробництва напівфабрикатів, кінцевого продукту або підготовки допоміжних матеріалів, енергоносіїв, теплоносіїв тощо. На рис. 1 наведено сучасну структуру автоматизованого управління хлібозаводом з виробництва  $n$  найменувань хлібобулочної продукції.

Автоматизоване керування технологічними відділеннями або підрозділами виконується під контролем головного технолога та топ-менеджерів хлібозаводу за допомогою експертних систем з автоматизованими робочими місцями (АРМ) та монітором корпоративної продуктивності (МКП).

У першу чергу, управлінський персонал необхідно забезпечити якісною інформацією про сировину, характеристики води, інгредієнтів, енергоносіїв. Тому перший рівень АСУТП заводу складається із датчиків та локальних адаптивних систем керування, які забезпечують



**Рисунок 1** — Автоматизована система управління технологічним процесом хлібозаводу:

1 — датчики-перетворювачі технологічного процесу (ТП), встановлені на технологічному обладнанні (ТО); 2 — виконавчі механізми та електродвигуни технологічного обладнання; 3 — нормуючі перетворювачі, сигналізатори параметрів, блоки електропостачання, змонтовані на щитах; 4 — пускова апаратура електродвигунів виконавчих механізмів; 5 — пульт оператора; 6 — локальна комп'ютерна мережа; 7 — локальні мікропроцесорні контролери; 8 — мережеві мікропроцесорні контролери; 9 — програмно-технічний комплекс (ПТК); 9,1 — друкувальні пристрої; 9,2 — мікроЕОМ, пристрій зв'язку з об'єктом (ПЗО); 9,3 — відео-термінал; 10 — монітор корпоративної продуктивності; АРМ оператора-технолога АСУТП; 12 — персональні ЕОМ; 13 — базова ЕОМ верхнього рівня; 13,1 — зовнішній пристрій пам'яті (вінчестер); 13,2 — ЕОМ, відео термінал; 13,3 — пристрій друку; 14 — сервер бази даних підприємства; 15 — АРМ АСУТП; MES (Manufacturing Execution System) — система управління виробничими процесами; ERP — система стратегічного управління підприємством; SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) — система диспетчеризації, управління і збору даних; ПЗ — програмне забезпечення; ІІоТ — Промисловий Інтернет-речей; ВТК — виробничо-технологічний комплекс; ТП — технологічний процес; ТО — технологічне обладнання; ЛСК — локальні системи керування; АСУВ — автоматизована система управління виробництвом

формування інформації про протікання технологічного процесу виробництва хлібобулочних та макаронних виробів, а також інформації про стан технологічного обладнання.

Інформаційне забезпечення АСУ-АСУТП заводу — це сукупність єдиної класифікації та кодування техніко-економічної інформації, уніфікованих систем документації і масивів інформації, які використовуються в системах керування [7]. У процесі керування технологічними процесами персонал заводу повинен бути забезпечений інформацією в реальному масштабі часу (РЧ). Отже, безперервне і своєчасне забезпечення системи управління хлібозаводом інформацією та усіма необхідними знаннями є основною функцією інформаційного забезпечення. Іншими словами, при побудові АСУТП хлібозаводів необхідно мати сукупність даних, певних засобів їх опису, методів організації, збереження, накопичення та доступу до інформаційних масивів, які забезпечують надання усієї інформації, необхідної в процесі реалізації функціональних задач АСУТП.

Для побудови та формування баз даних, баз прецедентів та баз знань будемо використовувати датчики інформації, основані на взаємодії ультразвукових коливань з гетерогенним середовищем, а також експертні оцінки технологів для побудови експертних систем керування технологічними процесами виробництва хлібобулочних виробів [8].

Головною відзнакою експертних систем і систем оброблення даних полягає в тому, що в них використано символічний метод, а не чисельний метод представлення даних, а в якості методів оброблення інформації використовується процедура логічного виводу та евристичного пошуку рішень.

В запропонованій АСУТП хлібозаводу на нижньому рівні керування використані інтелектуальні датчики контролю, інтелектуальні виконавчі механізми (ВМ), мікропроцесорні системи керування технологічними стадіями та окремими апаратами, а також мікропроцесори, вбудовані до приладів і блоків введення-виведення. Такий підхід відповідає ідеології Fieldbus Foundation, яка ставить за мету перенесення типових алгоритмів переробки інформації (фільтрації, масштабування, лінеаризації тощо), регулювання (стабілізації, відстежування, каскадного керування і т. п.), логічного керування (пуск, зупинка, блокування і т. п.) на нижній рівень інтелектуальних блоків введення-виведення, датчиків та ВМ. З метою використання цієї ідеології в АСУТП хлібозаводу використана типова польова мережа Fieldbus H1. Ця мережа реалізує всі функції, властиві HART-протоколу, що надає можливість програмувати конкретні алгоритми контролю та керування, реалізовані в приладах, датчиках, робототехнологічних інтенсифікаторах тощо.

Перший рівень структури управління хлібозаводом (рис. 1) складається із локальних мікропроцесорних систем керування, які забезпечують формування інформації про хід технологічного процесу виробництва. Локальні системи керування змонтовані безпосередньо біля апаратів, агрегатів, установок або технологічних ліній, що дозволяє отримати необхідну інформацію, її обробку та передачу на наступний рівень управління заводом за допомогою мережі Fieldbus H1.

Таким чином, кожний із видів технологічного обладнання забезпечений локальними системами керування. При цьому обробка інформації та її представлення оператору виконується технічними засобами мікропроцесорної техніки.

На першому рівні управління заводом реалізовано наступні функції АСУ-АСУТП:

— вимірювання технологічних параметрів, обробка і передача сигналів інформації на другий рівень управління;

— регулювання заданих значень технологічних параметрів;

— формування керованих впливів на виконавчі механізми (клапани, насоси, шнекові давальники, мішалки і т. п.);

— автоматичне керування за заданими алгоритмами окремими технологічними агрегатами, установками та лініями в цілому;

— збирання і передача на другий рівень управління сигналів про стан виконавчих механізмів, спрацювання систем захисту та блокування.

Відповідно до функцій АСУТП, що реалізуються на нижньому рівні ієрархії, проєктанти вибирають такі технічні засоби автоматизації:

— вимірювальні перетворювачі (датчики), датчики технологічних параметрів, перетворювачі сигналів, сигналізаторів технологічних параметрів, адаптивні регулятори (контролери);

— виконавчі пристрої;

— електропускову апаратуру;

— локальні мікропроцесорні пристрої (контролери для логіко-програмного керування і регулювання технологічних процесів), УЗО, ПК.

В АСУТП хлібозаводу виробничо-технічний комплекс (ВТК) оснащений сучасними інтелектуальними датчиками, локальними адаптивними цифровими системами з мікропроцесорними виконавчими механізмами. Інформація про стан ВТК передається на другий ієрархічний рівень управління заводом для представлення оператору і формування команд керування технологічними процесами.

Другий рівень управління хлібозаводом утворюється системами, функцією яких є автоматизоване керування технологічними відділеннями та підрозділами відповідно інформациї, одержаної від нижнього рівня управління. На другому рівні виконується координація керування технологічним та робототехнологічним обладнанням відділень, підрозділів та ліній, а також забезпечується узгоджене керування між ними за допомогою MES-систем.

На цьому рівні управління реалізуються такі функції АСУТП:

- відображення оперативної інформації про значення технологічних параметрів і стан технологічного обладнання, а також позначених команд і даних, введених оператором;
- формування та передача керованих впливів на виконавчі механізми;
- автоматичне керування за заданою програмою та командами оператора роботою технологічного обладнання, що знаходиться в технологічному відділенні або підрозділі;
- координування оператором режимів роботи відділень та/або підрозділів;
- реєстрацію інформації про роботу технологічних відділів та/або підрозділів за допомогою друкованих пристроїв, а також її архівування та зберігання;
- збір, обробка та передача інформації про роботу технологічних відділень і підрозділів на третій рівень управління заводом.

Системи управління другого рівня концептуально базуються на використанні програмно-технічних комплексів (ПТК) та інтелектуальних систем підтримки прийняття операційних рішень (ІСППОР), які включають базову ЕОМ, установки зв'язку з об'єктом (УЗО), відео-термінали, друкувальні пристрої, локальні та мережеві мікропроцесорні пристрої (контролери), а також персональні ЕОМ, тобто автоматизовані робочі місця (АРМ) оператора-технолога.

Уся інформація, необхідна для прийняття оперативних рішень щодо керування технологічним процесом, відображається на кольорових моніторах та термінальних відео-пристроях.

Введення команд, даних і регламентів (інструкцій) виконується оператором-технологом за допомогою клавіатури. Інформація про технологічні параметри і стан обладнання та команди керування передаються за рахунок пристроїв зв'язку з об'єктом у ПТК або від локальних мікропроцесорних пристроїв у ЕОМ або персональні ЕОМ (ПЕОМ) за рахунок персональної мережі Profibus DP.

У випадку використання розподілених систем мікропроцесорних контролерів на хлібозаводах до другого рівня управління відносять мережеві контролери та ПЕОМ, які використовують АРМ технолога.

Третій рівень управління хлібозаводом реалізує задачі стратегічного менеджменту, виробничого планування, бізнес-керування виробництвом продукції, портфелем замовлень, логістикою, енергоресурсами за допомогою цифрової платформи «ІЖА», MES-систем, ERP-системи, ІСППР та Промислового Інтернету-речей (IIoT).

На третьому рівні управління реалізуються функції управління портфелем замовлень SMART-продуктів харчування та виробничими можливостями підприємства — виробнича потужність (максимально можливий випуск продукції за об'ємом і асортиментом за оптимального рівня використання обладнання, технологій, персоналу, виробничих площ, енергоресурсів). З метою узгодження потреби ринку та можливостей підприємства формується виробнича програма (план виробництва та реалізації продукції) на певні періоди часу: рік, квартал, місяць, декаду, добу, зміну.

Виробниче планування на базі MES- та ERP-систем охоплює наступні задачі:

- складання плану щодо виробництва, формування комплексного графіка виробництва, планування потреб в матеріальних ресурсах, детальне планування і управління виробництвом, облік ходу виробництва, управління виробництвом і диспетчеризація.
- диспетчеризація режимів роботи технологічних ліній та узгоджене управління ними з координацією їх взаємодії з постачальниками борошна та інших інгредієнтів з метою виробництва продукції високої якості;

— подальше навчання баз даних, баз знань та реєстрація поточної й інтегрованої інформації щодо функціонування технологічних відділень і підрозділів АСУ хлібозаводу, у т. ч. з підготовки сировини;

— надання інформації топ-менеджерам заводу про ринкову вартість підприємства, потоки грошей, навчання персоналу тощо.

Для систем управління третього рівня характерним є використання ПТК і базової ЕОМ, призначених для операторських станцій, і забезпечення підтримки та маніпулювання достатньо потужними базами даних.

В АСУ хлібозаводу великої потужності важливим є обмін інформацією як по горизонталі, між технологічними відділеннями та підрозділами, так і по вертикалі, між рівнями управління відділеннями та підрозділами. Тут ефективним є використання протоколів та інтерфейсів компонентів АСУВ локальної мережі, а також стандартних інтерфейсів зв'язку між мікропроцесорними контролерами, ПТК і ПЕОМ для промислових розподілених мереж вітчизняного виробництва, а, головне, для інформаційних мереж Ethernet та PoT.

Цікавим є досвід використання інтегрованих мікропроцесорних систем «Damatic XDI» на хлібозаводах Фінляндії. Система XDI — це розподілена система управління хлібозаводом, яка має потужні засоби автоматизації, починаючи з базових функцій керування і закінчуючи засобами інформаційного менеджменту як системи контролю та управління виробництвом і якістю продукції. Для планування та управління хлібопекарним виробництвом передбачена спеціальна мікропроцесорна станція, що підключена до системної шини. Мікропроцесорна система «Damatic XDI» дозволяє вирішувати задачі керування локальними системами, а також управляти хлібопекарським виробництвом і заводом в цілому.

Основне призначення системи — підвищення продуктивності та якості продукції за рахунок використання нових засобів представлення інформації виробничому персоналу. Ця система вирішує наступні задачі:

- збір та обробку технологічної інформації;
- контроль і керування технологічними процесами, програмний запуск і блокування, відеографічне зображення динаміки технологічного процесу і роботи систем керування;
- групове керування виконавчими механізмами, електродвигунами та клапанами;
- друк рапортів та інформаційних режимних листів;
- організацію інформаційних зв'язків в самому підприємстві, що забезпечує розширення обчислювальних ресурсів для вирішення нестандартних задач.

Апаратне оформлення системи на локальному рівні базується на мікропроцесорних станціях (сукупності контролерів). Кожна станція розрахована на 200 входів та виходів. Інформація від мікропроцесорних станцій (МС) передається в системну шину, максимальна довжина якої складає 2 км коаксіального кабелю, протокол зв'язку «token passing». До системної шини підключені пристрої другого рівня: операторські станції, системи технологічної та аварійної сигналізації, станції виведення трендів та станції керування рецептурами. Для представлення інформації персоналу обслуговування та керування станцією існують графічні телемонітори, сенсорні клавіатури, друкувальні та реєструючі пристрої.

Вченими ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг) накопичено значний досвід проектування адаптивних систем керування технологічними процесами виробництва SMART-продуктів харчування для населення територій з техногенним тиском та людей з важкими умовами праці або служби. Авторами розроблені типові АСУТП підприємств харчової промисловості, в яку вбудована цифрова платформа «ІЖА» та використана відкрита архітектура. Вона дозволяє виконувати інтеграцію з іншими системами, а також виконувати пошук аварійних режимів і запобігання їх виникненню в режимі реального часу, та має доступ до мережі PoT, наприклад, розпізнає критичні аварійні виробничі ситуації. При цьому аварійні сигнали можливо автоматично передавати персоналу через радіотелефону мережу GSM. Відмінною особливістю таких АСУТП є високий

рівень роботизації нижнього рівня управління виробничими процесами, а також використання вбудованих в технологічний процес робототехнологічних інтенсифікаторів.

Розглянемо більш детально роботу оператора-технолога та топ-менеджера хлібозаводу. Інформація, яка надходить на монітор оператора-технолога, групується на відеокадрах за функціональними ознаками та відображається у вигляді фрагментів технологічних схем (графіків, таблиць, гістограм). Вона надається оператору за принципом «деталізація зверху вниз». В системі передбачені відеокадри, стандартні та мнемосхеми.

Стандартні відеокадри (вікна) включають:

- протокол подій (по системі в цілому та за технологічним відділенням);
- таблицю операторського налагодження для кожного параметра;
- групові та одиночні тренди;
- доступ до системи;
- меню друкованих документів та інші відеокадри, у тому числі «оглядове табло», тобто узагальнений кадр системи (перший рівень деталізації): інформація про становище заводу, поділена на технологічні дільниці, назва яких висвічується на відеокадрі;
- зміна кольору назв (зелений, жовтий, червоний), вказує на появу сигналізації на відповідній технологічній дільниці;
- блок «дільниця» (установка, агрегат), тобто другий рівень деталізації: інформація про стан параметрів однієї технологічної дільниці; при цьому всі її змінні умовно розділяються на функціонально зв'язані групи; зміна кольору назви груп свідчить на появу сигналізації на відповідній технологічній дільниці;
- блок «група змінних» (третій рівень деталізації) — детальна інформація про технологічні змінні, при цьому передбачено їх виведення на екран монітора та мнемосхеми наступних динамічних елементів: поточні значення аналогової змінної в цифровій формі; стан дискретної змінної у вигляді написів «ввімкнено», «вимкнено», «відкрито», «закрито»; динамічного барографа; динамічного елемента миготіння визначеного поля мнемосхеми; динамічної віртуальної клавіші, при натисненні на яку виникає перехід від поточної мнемосхеми до будь-якої іншої, за вибором; динамічна область мнемосхеми, на якій висвітлюються різні «малюнки» в залежності від взаємного стану дискретних сигналів та інших логічних змінних та ін.

В системі передбачено можливості формування, відображення на моніторі та друкування «протоколу подій» — звітного документу, в якому у хронологічному порядку фіксуються всі події в системі; звітних документів довільної форми; «протоколів передаварійного та післяаварійного стану».

Для топ-менеджерів підприємства передбачено використання монітору корпоративної продуктивності (МКП).

Автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора-технолога, забезпечене персональним комп'ютером (ПК) та прикладними програмами, призначеними для реалізації окремих функцій (наприклад, вимірювання параметрів) або блоків функцій (наприклад, управління технологічною операцією).

Усі АРМ підключені до єдиної технологічної платформи, яка працює на базі потужного сервера. При використанні цієї схеми електронної обробки інформації організується суспільна робота багатьох користувачів з різними або одними й тими ж програмами та складом даних.

АРМ — це комплекс об'єднаних між собою технічних засобів, який забезпечений програмними засобами та здатний реалізувати закінчену інформаційну технологію.

У комплекс входять такі модулі: процесор, дисплей, принтер, клавіатура, маніпулятор «мишка», плоттер, сканер, стример, обладнання для передачі даних. Програмними елементами АРМ є операційні системи, системи керування базами даних, пакети прикладних програм, спеціальні програми, графічні та тестові редактори, табличні процесори і т. п. Таким чином, мова іде про комплекс технічного та програмного забезпечення інструмента кожного користувача. Поняття АРМ охоплює проблеми від створення систем розподіленої обробки даних (з визначенням інформаційних рівнів) до рішення ерго-

номічних питань (розташування та склад технічних засобів, зручність користування ними тощо).

АРМ зближує користувача з можливостями сучасної інформатики та обчислювальної техніки й створює умови щодо роботи без посередника — професійного програміста. У цьому випадку гарантуються автономна робота та можливості зв'язків з іншими користувачами в межах підприємства. Обов'язковою умовою ефективного використання автоматизованих робочих місць є наявність в ньому сервісної системи підтримки роботи користувача, яка включає програми навчання роботи на клавіатурі, правила захисту інформації та звернення до носіїв, технологічні інструкції з прикладами проведення конкретних видів робіт.

Основні функції АРМ оператора:

- контроль технологічних параметрів та керування програмно-логічними операціями;
- керування регуляторами, клапанами, дискретними ВМ, протиаварійний захист, розрахунок узагальнених показників якості тощо.

Система відеокadrів АРМ оператора включає:

- оглядовий кадр з назвою вузлів та стадій ТП і сигналізацією їх стану щодо порушення регламенту та збуреннях роботи обладнання (кожний вузол відображається рядком на екрані з індикацією стану);

- кадр стану параметрів визначеної ділянки в табличній формі з шифрами параметрів, поточних значень та одиниць вимірювання;

- кадр стану визначеної групи регуляторів в графічній групі, який забезпечує керування завданнями і ВМ (клапаном);

- тренди (в графічній формі), що відбивають історію групи параметрів з можливістю масштабування по осях, дозволяють оператору переглянути значення за показниками та вивести інформацію на друк;

- мнемосхеми поточного стану технологічного вузла з можливістю керування регуляторами та дискретними ВМ;

- кадр керування, який відбиває поточний стан і забезпечує керування алгоритмами програмно-логічного керування та операціями протиаварійного захисту (ПАЗ);

- бланки АСУТП з метою ознайомлення та друку режимних сторінок, протоколів аварійних ситуацій, спрацювання ПАЗ;

- діагностику поточного стану контролерів та каналів зв'язку;

- архів для ознайомлення та друку бланків АСУТП.

Програмне забезпечення (ПЗ) АРМ налагодження складається з таких програм:

- 1) підготовки, трансляції, компонування, завантаження, вивантаження і ретрансляції ППР контролера, контролю і керування змінними, зняття перехідних характеристик об'єкта з виведенням на друк;

- 2) розрахунок параметрів регуляторів за кривою розгону з ідентифікацією динамічної моделі;

- 3) розрахунок параметрів регуляторів ітераційним методом в режимі реального часу (РЧ) з замкненим контуром регулювання, шляхом розкочування контуру за 2–3 ітерації програма виконає налагодження з занесенням коефіцієнтів у пам'ять контролера.

Розглянемо функції деяких автоматизованих робочих місць.

Основні функції АРМ хіміка-аналітика:

- 1) прийняття та збереження аналітичних сигналів;

- 2) керування відбором проб та режимами роботи аналізаторів якості;

- 3) оброблення результатів у режимах градування та подальшого аналізу;

- 4) ручне введення та виведення в архів аналітичних даних;

- 5) формування звітних документів.

Основні функції АРМ операторів-технологів:

- 1) моделювання об'єкта та САР, виконання функцій керування АРМ операторів;

- 2) налагодження програм щодо конкретного використання, навчання операторів-технологів керуванню ТП в умовах АСУТП на базі двох ПЕОМ, одна з яких виконує роль



моделі об'єкта, а інша — АРМ оператора АСУТП, на якій оператор набуває навички керування ТП. ПЕОМ зв'язані між собою, наприклад, послідовним інтерфейсом RS-485.

Обмін даними передбачає передачу керованих впливів від ПЕОМ навчання до ПЕОМ моделі та зворотно — від моделі розрахованих значень змінних. Виведення керованих впливів оператор виконує з клавіатури ПЕОМ навчання, а збурених впливів — з клавіатури моделі. Крім цього, збурення може бути задано серією прямокутних імпульсів або синусоїдальною хвилею, випадковим чином. У процесі проектування АСУТП хлібозаводу необхідно:

- оцінити кількість АРМ операторів та АРМ верхнього рівня (керівника зміни, керівників цехів) та АРМ топ-менеджерів хлібозаводу;
- оцінити необхідність сервісних АРМ (начальника, для навчання);
- підрахувати число вхідних аналогових сигналів, контурів регулювання, вхідних дискретних сигналів стану, вихідних дискретних сигналів керування, контурів ПАЗ у системі;
- визначити інформацію про характер ТП, наявність та число програмно-логічних операцій.

Таким чином, в реальному масштабі часу розроблена АСУТП хлібозаводом дозволяє покращити екологічність та якість розроблених SMART-продуктів харчування за рахунок узгодженого управління трьох рівнів АСУТП.

**Висновки.** Таким чином, розроблено методологію проектування багаторівневих АСУТП хлібозаводів з виробництва  $n$  видів продукції, верхній рівень яких забезпечує функції цифрофізації: стратегічного та оперативного планування, зв'язків з постачальниками та споживачами продукції в реальному масштабі часу; прийняття рішень щодо гнучкого оновлення та адаптації продукції до змін її споживчих характеристик; зниження собівартості та ресурсомісткості виробництва хлібобулочних виробів з підвищенням екологічності за рахунок оптимізації роботи обладнання в режимі реального часу та розробки інноваційних SMART-продуктів для регіонів із забрудненими територіями. Доведено, що узгоджене пряме цифрове керування локальними системами та інформаційне забезпечення диспетчерського MES-управління дозволяє оптимізувати траєкторію виробництва  $n$  видів продукції в умовах зміни якості сировини — борошна — та робочих параметрів обладнання з вбудованими робототехнологічними комплексами.

### Список літератури

1. Хорольський В. П. та ін. Інтелектуальні системи управління виробництвом хлібобулочних виробів : монографія. Кривий Ріг : видавець ФОП Чернявський Д. О., 2019. 204 с. ISBN 978-617-7784-12-7.
2. Хорольський В. П. та ін. Цифрові системи інтелектуального управління підприємствами промислового комплексу регіону. Кривий Ріг : видавець ФОП Чернявський Д. О., 2020. 564 с. ISBN 978-617-7784-30-1.
3. Гончаренко Б. М., Ладанюк А. П. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій : підручник. Київ : НУХТ, 2014. 530 с. ISBN 978-966-612-163-2.
4. Пупена О. М., Ельперін І. В., Луцька Н. М., Ладанюк А. П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах : навч. посібн. Київ : Ліра-К, 2011. 552 с. ISBN 978-966-2174-13-7.
5. Черевко О. І., Кіптєла Л. В., Михайлов В. М., Загорюлько О. Є. Автоматизація виробничих процесів: підручник. Харків : ХДУХТ, 2014. 186 с. ISBN 978-966-405-355-3.
6. Трегуб В. Г. Проектування систем автоматизації. Київ : Ліра-К, 2019. 344 с. ISBN 978-966-2609-58-5.
7. Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Копайгора О. К. Методи ідентифікації та алгоритми адаптивних систем прямого цифрового керування виробництвом продуктів харчування. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2020. № 1 (40). С. 32–45. doi : 10.33274/2079-4827-2020-40-1-32-45.
8. Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Копайгора О. К., Заїкіна Д. П., Кузьменко А. О., Невідін В. І. Інформаційна система керування виробництвом харчових смарт-

продуктів з технологіями заморожування. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2020. № 2 (41). С. 79–88. doi : 10.33274/2079-4827-2020-41-2-79-88.

9. Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Копайгора О. К., Ткач М. С. Інтелектуальна фабрика з виробництва хлібобулочних виробів. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2020. № 1 (40). С. 66–79. doi : 10.33274/2079-4827-2020-40-1-66-79.

### References

1. Horolskiy, V. P. et al. (2019). *Intelektualni sistemi upravlinnya virobnitstvom hlibobulochnih virobiv* [Intelligent control systems for the production of bakery products]. Kryvyi Rih, Chernyavskiy Publ., 204 p. ISBN 978-617-7784-12-7.

2. Horolskiy, V. P. et al. (2020). *Tsifrovi systemy intelektualnogo upravlinnya pidpnyemstvami promyslovogo kompleksu regionu* [Digital systems of intellectual management of enterprises of the industrial complex of the region]. Kryvyi Rih, Chernyavskiy Publ., 561 p.

3. Goncharenko, B. M., Ladanyuk, A. P. (2014). *Avtomatizatsiya virobnychih protsesiv harchovih tehnologiy* [Automation of food production processes]. Kyiv : NUFT Publ., 530 p. ISBN 978-966-612-163-2.

4. Pupena, O. M., Elperin, I. V., Lutska, N. M., Ladanyuk, A. P. (2011). *Promislovi merezhi ta integratsiyini tehnologiyi v avtomatizovanih sistemah* [Industrial networks and integration technologies in automated systems]. Kyiv, Lira-K. 552 p. ISBN 978-966-2174-13-7.

5. Cherevko, O. I., Kiptela, L. V., Mihaylov, V. M., Zagorulko, O. E. (2014). *Avtomatizatsiya virobnychih protsesiv* [Automation of production processes]. Kharkiv, HDUHT Publ., 186 p. ISBN 978-966-405-355-3.

6. Tregub, V. G. (2019). *Proektuvannya sistem avtomatizatsiyi* [Design of automation systems]. Kyiv: Lira-K Publ., 344 p. ISBN 978-966-2609-58-5.

7. Horolskiy, V. P., Korenets, Yu. M., Kopaygora, O. K. (2020). *Metody identyfikatsiyi ta algorytmy adaptivnykh system pryamogo tsyvrovogo keruvannya vyrobnytstvom produktiv kharchuvannya* [Methods of identification and algorithms of adaptive systems of direct digital control of food production], *Obladnannya ta tehnologiyi kharchovih vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies], no. 1(40), pp. 32–45. doi : 10.33274/2079-4827-2020-40-1-32-45.

8. Horolskiy, V. P., Korenets, Yu. M., Kopaygora, Zaikina, D. P., Kuzmenko, A. O., Nevidin, V. I. (2020). *Informatsiyana sistema keruvannya virobnitstvom harchovih smart-produktiv z tehnologiyami zamorozhuvannya* [Smart food production management information system with freezing technologies]. *Obladnannya ta tehnologiyi kharchovih vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies], no. 2 (41), pp. 79–88. doi : 10.33274/2079-4827-2020-41-2-79-88.

9. Horolskiy, V. P., Korenets, Yu. M., Kopaygora, O. K., Tkach, M. S. (2020). *Intelektualna fabrika z virobnitstva hlibobulochnih virobiv* [Intelligent Bakery Factory], *Obladnannya ta tehnologiyi kharchovih vyrobnytstv* [Food production equipment and technologies], no. 1(40), pp. 66–79. doi : 10.33274/2079-4827-2020-40-1-66-79.

**Objective.** *The purpose of the article is to develop methods and functions for controlling technological processes in automated control systems for the production of SMART-food products.*

**Methods.** *The methodological basis of research consists of: methods for studying the identity of technological processes of food production in terms of physical and chemical nature, the presence of material and energy internal connections, which allows you to build mathematical models, a database, a knowledge base of both discrete, continuously discrete processes, and continuous production processes using automated information systems; the methods of the theory of system analysis (for the structural decomposition of the production processes of SMART-food products), the theory of systems identification, the theory of digital signal processing were used in order to design microprocessor control systems of the lower level.*

**Results.** *A methodology for the design of multi-level control systems for bakery plants with the production of n types of products has been developed, the upper level of which provides the functions of digitalization: strategic and operational planning, relations with suppliers and consumers of products in real time; making decisions on flexible renewal and adaptation of products to changes in their*

consumer characteristics; reducing the cost and resource intensity of the production of bakery products with an increase in environmental friendliness by optimizing the operation of equipment in real time and developing innovative SMART-products for regions with contaminated areas. It is proved that coordinated direct digital control of local systems and information support of dispatching MES-control allows to optimize the trajectory of production of  $n$  types of products in conditions of changing quality of raw materials — flour — operating parameters of equipment with built-in robotic systems.

**Key words:** technological process, automated control system, process control system, digital systems, real time scale, optimization.

DOI : 10.33274/2079-4827-2021-42-1-139-147

УДК 338.242:658.26

*Горелков Д. В., канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*

*Омельченко О. В., канд. техн. наук<sup>2</sup>*

*Гейер Г. В., д-р екон. наук, професор<sup>2</sup>*

*Терешкін О. Г., д-р. техн. наук, професор<sup>3</sup>*

*Шевченко А. М., студентка<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна (м. Харків, Україна), e-mail: gorelkov.dmv@gmail.com.

<sup>2</sup> Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського (м. Кривий Ріг, Україна), e-mail: omelchenko@donnuet.edu.ua.

<sup>3</sup> Харківський державний університет харчування та торгівлі (м. Харків, Україна), e-mail: tereshkin09@i.ua.

#### ІННОВАЦІЙНЕ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ УСТАТКУВАННЯ ЗАКЛАДІВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

UDC 338.242:658.26

*Horielkov D. V., PhD in Engineering sciences,  
Associate Professor<sup>1</sup>*

*Omelchenko O. V., PhD in Engineering sciences<sup>2</sup>*

*Heiier H. V., Grand PhD in Economy sciences,  
Professor<sup>2</sup>*

*Tereshkin O. G., Grand PhD of Engineering Science,  
Professor<sup>3</sup>*

*Shevchenko A. M., Bachelor's Degree student<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: gorelkov.dmv@gmail.com.

<sup>2</sup> Mykhailo Tuhun-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade, Kryvyi Rih, Ukraine, e-mail: omelchenko@donnuet.edu.ua.

<sup>3</sup> Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Kharkiv, Ukraine, e-mail: tereshkin09@i.ua.

#### INNOVATIVE ENERGY SAVING HEAT GENERATING DEVICES FOR EQUIPMENT OF RESTAURANT FACILITIES

**Мета.** Мета та завдання статті полягає в удосконаленні процесу пароутворення в апаратах закладів ресторанного господарства шляхом розробки інноваційних електродних нагрівачів та парогенеруючих вузлів.

Надійшла до редакції 26.03.2021 р.

© Д. В. Горелков, О. В. Омельченко,  
Г. В. Гейер, О. Г. Терешкін,  
А. М. Шевченко, 2021

**Методи.** В ході проведення досліджень було використано експериментальні методи досліджень з використанням контрольно-виміральної приладів, сучасні методи математичної статистики, стандартні методики дослідження харчової сировини.

**Результати.** Зазначено, що ресторанне господарство наряду з готельним потребувало і потребує запровадження інноваційних рішень у енергозабезпеченні та застосуванні енергозберігаючих систем для теплових апаратів, зокрема: фритюрниць, стравоварильних котлів, пароконвектоматів, посудомийних машин, мармітів, автоклавів. Для закладів ресторанного господарства питання енергозбереження є одним з пріоритетних питань, оскільки саме цей чинник наряду з вартістю сировини формує собівартість виробів, що обумовлює конкурентоспроможність закладу, можливість гнучкого переоснащення, модернізації, підвищення якості обслуговування, поліпшення умов праці співробітників, запровадження інноваційних методів виготовлення кулінарних та кондитерських виробів.

Вважається, що для забезпечення функціонування системи електродного нагріву необхідно застосування парогенераційної схеми, яка б забезпечила: мінімальний час виходу котлів на робочий режим та мінімальні витрати електроенергії на отримання пари. Запропоновано принципову схему нового парогенеруючого вузла в якості теплогенеруючого пристрою теплових апаратів ресторанного господарства. Доведено раціональність використання електродного нагріву в апаратах ресторанного господарства. Проведено експериментальні випробування конструкції електродного парогенератора, які показали, що отримані експериментальні дані для модернізованого котла КПЕ-60 у порівнянні з його аналогічними даними при використанні ТЕНового парогенератора можна знизити тривалість виходу на стаціонарний режим з 60 хв. до 30 хв. при цьому потужність апарата зменшується з 15 кВт до 12 кВт, кількість нагріваних елементів зменшується з шість до 3 шт., дозволяє зменшити масу котла за рахунок зменшення маси парогенератора. З урахуванням того, що на поверхні електродів не утворюється накипу, на відміну від ТЕНів, то час виходу на стаціонарний режим для електродного котла буде сталим з плином часу і не збільшить кількості споживаної електроенергії. Також ще одним практичним результатом є досягнення ефекту відсутності утворення накипу на поверхні, що дозволить подовжити строк експлуатації обладнання та знизити споживаної електроенергії.

**Ключові слова:** електрод, парогенеруючий пристрій, електродний парогенератор, електродний нагрів, стравоварильний котел, енергозаощадження.

**Постановка проблеми.** Ресторанне господарство наряду з готельним потребувало і потребує запровадження інноваційних рішень у енергозабезпеченні та застосуванні енергозберігаючих систем для теплових апаратів, зокрема: фритюрниць, стравоварильних котлів, пароконвектоматів, посудомийних машин, мармітів, автоклавів. На теперішній час теплові апарати в закладах готельно-ресторанного господарства є значними споживачами електричної енергії, а в умовах зростаючих тарифів і енергетичної нестабільності питання зниження витрат електроенергії, спрощення систем енергозабезпечення є актуальними і економічно необхідними для вирішення [4,9,10]. Для закладів ресторанного господарства питання енергозбереження є одним з пріоритетних питань [5,6], оскільки саме цей чинник наряду з вартістю сировини формує собівартість виробів, що обумовлює конкурентоспроможність закладу, можливість гнучкого переоснащення, модернізації, підвищення якості обслуговування, поліпшення умов праці співробітників, запровадження інноваційних методів виготовлення кулінарних та кондитерських виробів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Зазвичай в закладах ресторанного господарства, з організацією як цехової та і без цехової структури виробництва, для забезпечення функціонування теплових апаратів прокладають трифазну мережу із значним запасом потужності, яка зазвичай потребує значних матеріальних витрат [1]. Позбавити необхідності виробництва у такій системі на теперішній час є майже неможливим, оскільки більшість апаратів працює від напруги 380 В і лише незначна частина допоміжного обладнання, тостери, ростери, мікрохвильові печі, сосисковарки, підігрівачі тарілок та ін., працюють від напруги у 220 В. Якщо розглянути середній заклад ресторанного господарства, то те-

плове обладнання за одну добу його роботи споживає в середньому 120...250 кВт електроенергії, якщо поррахувати за чинними тарифами, то кожне підприємство щодоби витрачає значну суму на процес теплової обробки сировини та доведення її до стану кулінарної готовності, що в умовах сьогодення є актуальним питанням в умовах розвитку сучасного виробництва [7,8].

Для теплозабезпечення закладів готельного господарства пропонувалось використання електродних котлів [2], в якості перспективних енергоефективних теплогенеруючих пристроїв. Для закладів ресторанного господарства електродний нагрів є також перспективним [3] для використання, але з урахуванням певних змін і у відповідності до потреб виробничих процесів. Так, серед усього розмаїття теплових апаратів, що використовуються у гарячих цехах найбільш енергоємними є стравоварильні котли. З урахуванням того, що котли, які призначені для приготування перших і других блюд, гарнірів у значних об'ємах — від 100 до 1000 порцій, не мають альтернативи серед обладнання, є необхідним проведення заходів з їх модернізації за рахунок використання інноваційних електродних нагрівачів. Під час застосування електродного нагріву у системах опалення необхідною умовою є облаштування в системі розширюючого резервуару для усунення такого, на перший погляд, «недоліку», як пароутворення на поверхні електродів. Тому системи електродного опалення є відкритими. Явище пароутворення на поверхні електродів, таке незручне для систем опалення, є позитивним явищем для систем теплогенерації для стравоварильних котлів, де основним завданням є нагрів води у парогенераторі з утворенням пари і передачею її до пароводяної оболонки, яка забезпечує рівномірний нагрів по всій поверхні. Проте, слід зауважити, що для ефективного використання системи електродного нагріву у стравоварильному обладнанні — система повинна бути замкненою. Для забезпечення функціонування системи електродного нагріву необхідно застосування парогенераційної схеми, яка б забезпечила: мінімальний час виходу котлів на робочий режим та мінімальні витрати електроенергії на отримання пари. Схема повинна бути простою у експлуатації, мати незначну металоємність, бути універсальною для використання у апаратах за різної виробничої потужності, забезпечувати безпеку експлуатації та не задавати шкоди навколишньому середовищу.

**Мета статті** — удосконалення процесу пароутворення в апаратах закладів ресторанного господарства шляхом розробки інноваційних електродних нагрівачів та парогенеруючих вузлів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Розроблена нами схема електродного парогенератора (рис. 1), що враховує висунуті вимоги, містить камеру нагріву, яку виконано у вигляді циліндра, в якій розміщено електроди, нульовий і заземлювальний контакти розташовані на боковій стінці корпусу.

Для запобігання утворенню накипу використовується підготовлена вода, яка за допомогою насоса подається із живильної ємності до парогенеруючого вузла через вхідний патрубок. Перед входом до парогенеруючого вузла, завдяки встановленому фільтру, рідина очищується від домішок, що усуває утворення шламу. Далі рідина омиває фазні електроди. Після з'єднання фазних електродів і нульового контакту до мережі живлення між електродами та нульовим контактом виникає змінне електричне поле, яке викликає нагрів рідини. Готова пара через вихідний патрубок подається до технологічного апарата. Конденсат через патрубок для відводу конденсату потрапляє в ємність з рідиною.

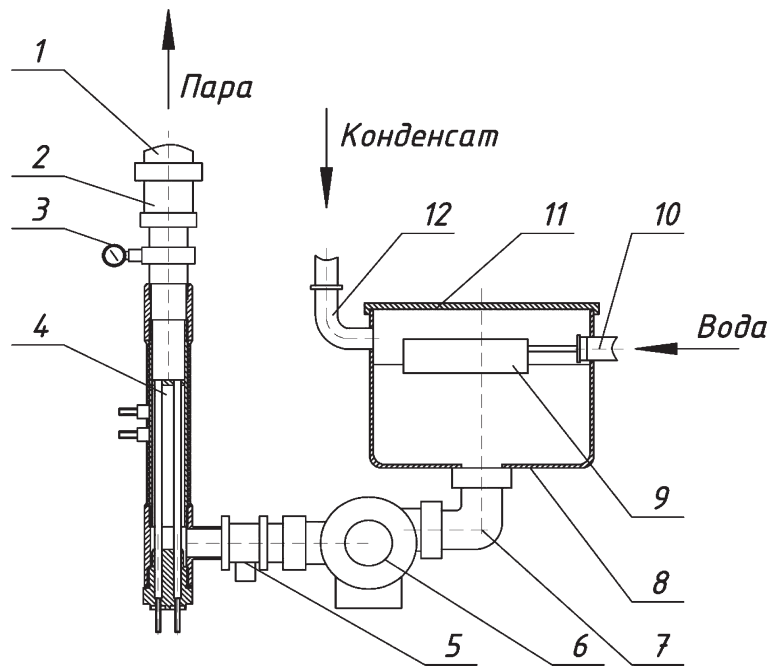
Запропонований парогенеруючий пристрій складається з парогенеруючого електродного вузла 4, що містить закріплені в блоці електроди. Для подачі рідини патрубок відводу води 10, нульовий та заземлювальний контакти розміщені на боковій стінці корпусу парогенеруючого електродного вузла. Для подачі рідини з живильної ємності 8 встановлено насос 6. Конденсат із технологічного апарата відводиться за допомогою патрубка для відводу конденсату 12. Для запобігання потрапляння в парогенеруючий вузол механічних домішок, які можуть привести до замикання, у відповідному коліні 7 встановлено фільтр. Контроль наповнення ємності підготовленою рідиною здійснюється за допомо-

гою регулятора рівня 9. Для автоматичного підживлення водою і автоматичного продування парогенератор комплектується електромагнітним мембранним 2 та зворотним 5 клапанами, а тиск вихідної пари контролюється електроконтактним манометром 3.

Принцип роботи парогенератора наступний: підготовлена рідина (у випадку коли пара виступає у ролі проміжного теплоносія — суміш дистильованої води та електроліту) поступає в ємність через заливний отвір. Перед входом до парогенеруючого вузла, завдяки встановленому фільтру, очищується від домішок, що сприяє запобіганню виникнення замикання. Під час відкриття електромагнітного мембранного клапана рідина насосом із ємності через вхідний патрубок потрапляє до корпусу парогенеруючого вузла.

Далі рідина омиває фазні електроди. Під час вмикання живлення між електродами та нульовим контактом виникає змінне електричне поле, яке викликає нагрів рідини. Для запобігання замикання електродів та для фіксації, вони додатково ізолюються від корпусу ізолятором. Готова технологічна пара через штуцер, який перекривається вентилем, подається до технологічного апарата. Надлишок рідини та конденсат із технологічного апарата за допомогою клапана для відведення конденсату та патрубка потрапляють в ємність з рідиною.

При відсутності або недостатньому рівні води в котлі датчик рівня розімкнений, а електромагнітний мембранний клапан відкритий. Вода з живильної ємності за допомогою насоса через мембранний і зворотний клапани заповнює систему до рівня, заданого за допомогою датчика рівня. Потужність електродного нагрівача визначається рівнем води між електродами. Зміною висоти рівня води у котлі можна, за бажанням, змінювати потужність парогенератора в широких межах. При заповненні водою міжелектродного простору, за рахунок електропровідності води, між електродами виникає електричний струм, який викликає нагрів та інтенсивне кипіння води. При закритому вентилі пара накопичується в котлі, приводячи до зростання її тиску. При підвищенні тиску до значення верхньої межі на електроконтактному манометрі ЕКМ напруга на електродах відключається і пароутворення припиняється. При відкритому вентилі пара із заданим тиском надходить до технологічного апарата. При зниженні тиску, нижче значення нижньої межі на ЕКМ, на електроди знову подається напруга, і в котлі починається пароутворення, що супроводжується зростанням тиску, і процес повторюється. У процесі паротворення рівень води в котлі падає. При його зниженні нижче рівня, що визначається датчиком рівнеміра, електромагнітний мембранний клапан знову відкривається і система за допомогою насоса поповнюється водою до заданого рівня. Таким чином, парогенератор безперервно видає пару з тиском, що визначається нижньою і верхньою межею на ЕКМ, що є регулятором тиску пари.

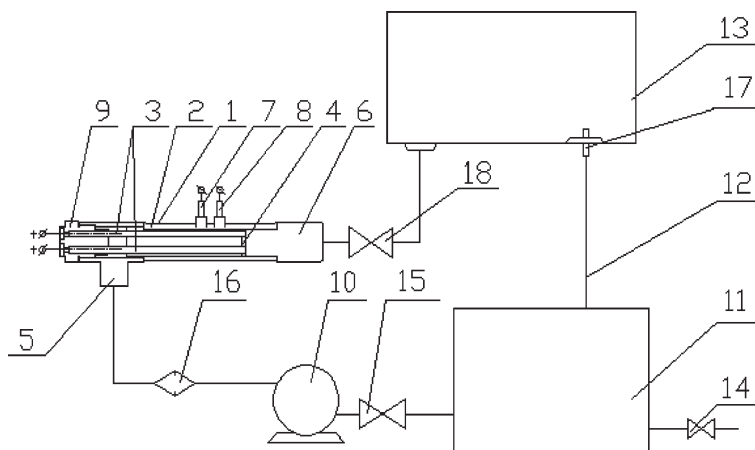


**Рисунок 1** — Принципова схема універсального електродного парогенератора:

- 1 — штуцер; 2 — клапан електромагнітний мембранний;  
3 — манометр; 4 — вузол електродний; 5 — клапан зворотний; 6 — насос; 7 — коліно відвідне; 8 — ємність живильна; 9 — регулятор рівня; 10 — патрубок підводу води; 11 — кришка; 12 — патрубок відводу конденсату

Електродний спосіб пароутворення дозволить підвищити ефективність роботи розробленого обладнання, широко застосувати його для інтенсифікації технологічних процесів, знизити енерговитрати та зменшити металоємність, рис. 2.

Принцип роботи апарата наступний: підготовлена рідина (у випадку коли пара виступає у ролі проміжного теплоносія — суміш дистильованої води та електроліту) поступає в ємність через заливний отвір. Під час відкривання вхідного вентиля рідина насосом із ємності через вхідний патрубок потрапляє в корпус парогенеруючого вузла. Перед входом до парогенеруючого вузла завдяки встановленому фільтру очищується від домішок, що сприяє запобіганню утворення шламу та виникнення замикання. Далі рідина омиває фазні електроди. Під час вмикання живлення між електродами та нульовим контактом



**Рисунок 2** — Схема електродного парогенератора до стравоварильного обладнання:

- 1 — парогенеруючий вузол; 2 — корпус; 3 — електроди,
- 4 — ізолятор; 5, 6 — вхідний та вихідний патрубки;
- 7, 8 нульовий та заземлювальний контакти; 9 — блок електродів;
- 10 — насос; 11 — ємність; 12 — патрубок для відводу конденсату;
- 13 — апарат технологічний;
- 14 — вентиль; 15 — вентиль вхідний; 16 — фільтр;
- 17 — клапан для відводу конденсату; 18 — вентиль вихідний

виникає змінне електричне поле, яке викликає нагрів рідини. Для запобігання замикання електродів та для додаткової фіксації, вони додатково ізолюються від корпусу ізолятором. Готова технологічна пара через вихідний патрубок, який перекривається вентилем подається до технологічного апарата. Надлишок рідини та конденсат із технологічного апарата за допомогою клапана для відводу конденсату та патрубка потрапляють в ємність з рідиною.

Для визначення ефективності спроектованої схеми парогенератора та експлуатації її в реальних виробничих умовах нами було проведено низку первинних досліджень процесу нагріву води до пароутворення. Для проведення досліджень було обрано виробничий стравоварильний котел КПЕ-60, як апарат з найбільш розповсюдженим об'ємом варильної судини. З урахуванням того, що загальновідомими даними електролітичний нагрів залежить від провідності води було прийнято рішення на першому етапі досліджень використовувати звичайну відфільтровану водопровідну воду як рідину, що є найбільш розповсюдженою та доступною для використання у виробничих умовах. Для всієї серії експериментів температура води становила  $+10^{\circ}\text{C}$ , температура навколишнього середовища не перевищувала  $+20^{\circ}\text{C}$ . Для можливості проведення порівняльної оцінки систему електродного парогенератора було приєднано як і для стандартного котла до трифазної мережі. Для експерименту було обрано електродний котел з трьома електродами, які для проведення досліджень були з'єднані паралельно і мали кожен окремий перемикач для можливості увімкнення у необхідний час. В якості об'єкту нагріву було обрано воду питну і для кожного циклу експериментів коефіцієнт заповнення котла ( $\varphi$ ) змінювався в межах  $0,25\dots 0,75$ , що відповідає мінімальним технологічним вимогам під час приготування перших страв. Під час проведення досліджень проводились вимірювання температури в середині варильної судини за допомогою датчика температур та контроль за потужністю електродів під час нагріву. Основним завданням дослідження було проведення випробувань роботи розробленого парогенератора для визначення ефективності роботи електродів за їх оптимальної кількості та геометричних розмірів, визначення швидкості та тривалості виходу котла стравоварильного на стаціонарний режим з метою подальшого

порівняння зі стандартними показниками роботи апарата та розповсюдження отриманих результатів на інші апарати.

Першу серію експериментів було проведено з увімкненням одного електрода для різних коефіцієнтів заповнення судини. Як показують отримані дані (рис. 3) вихід апарата на стаціонарний режим при коефіцієнті заповнення 0,25 відбувся в межах 50–52 хвилин, під час нагріву спостерігалось повільне зростання температури в парогенераторі та пароводяній оболонці, сторонніх шумів та ударів не відчувалось. Під час дослідження нагріву за коефіцієнтів заповнення 0,5 та 0,75 спостерігалась дещо повільніше зростання температури і як видно за даними залежності, температурний діапазон для цих коефіцієнтів не суттєво відрізняється. За

експериментальними даними (рис. 3) різниця виходу апарата на стаціонарний режим становить 10 хв. хоча різниця в об'ємі води становить 50 %. На відміну від даних для  $\phi = 0,25$  де різниця в часі становить 15 хв. Такі дані свідчать про позитивний ефект для застосування та вказують на те, що збільшення об'єму рідини для нагріву не суттєво впливає в часі на інтенсивність нагріву, а збільшення коефіцієнта заповнення до  $\phi = 0,85$  незначним чином впливатиме на швидкість виходу апарата на стаціонарний режим.

Слід зауважити, що  $\phi = 0,85$  це максимальний коефіцієнт заповнення рекомендований для стравоварильних котлів, який забезпечує максимально ефективне протікання процесу приготування страв та максимально можливу кількість виготовлених порцій.

Необхідно також зауважити, що за результатами експериментальних даних споживана потужність електрода становила в межах 4,5–6 кВт. Найбільше зростання споживання було за температури рідини у варильній судині 65...75 °С. Якщо розглянути результати експериментальних даних, то можна побачити, що кількість рідини майже не впливає на збільшення потужності нагрівача, що свідчить про стійку роботу електрода. Стійкість роботи електрода та плавне зростання температури, незначне коливання потужності дозволяє припустити, що при реалізації приготування кулінарної продукції за належної роботи контрольно-вимірної арматури можна бути контролювати плавність протікання процесу, наприклад, варки бульйону в «тихому режимі», що в свою чергу надасть можливість отримувати кулінарну продукцію більш високої якості.

Під час проведення другої серії експериментів було збільшено кількість активних електродів до двох. Метою збільшення було дослідження пришвидшення тривалості виходу на стаціонарний режим та оцінка зміни споживаної енергії. Крім того, необхідно було оцінити ефективність взаємодії в робочому стані двох електродів та дослідити їх вплив на роботу системи парогенерації.

Як свідчать отримані експериментальні дані (рис. 4) для коефіцієнта заповнення  $\phi = 0,25$  спостерігається така сама динаміка як і під час застосування одного електрода, але слід зауважити, що тривалість виходу на стаціонарний режим зменшилась на 15 хв. і сягнула 38...40 хв., у порівнянні з 50...52 хв. Якщо розглянути показники потужності, то можемо констатувати, що відбувається збільшення споживаної потужності на рівні 60...75 %, яка становить 8,5...11 кВт. За експериментальними даними максимальне зростання потужності спостерігається за температури рідини 75...90 °С так само як і при використанні одного електрода. Результати свідчать, що підвищення споживаної потужності, в розрізі всьо-

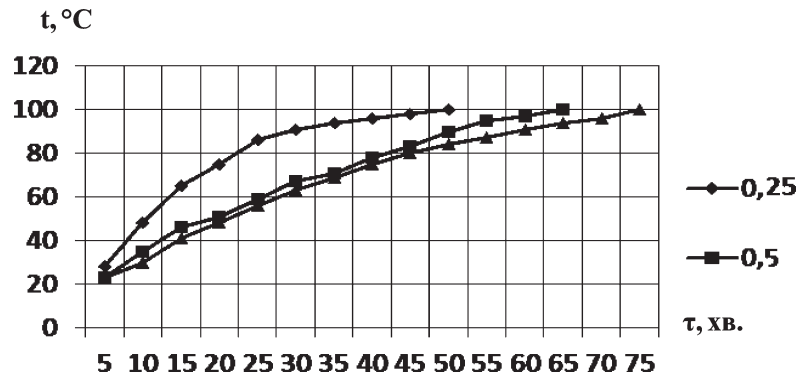


Рисунок 3 — Залежність зміни температури від тривалості нагріву при використанні 1-го електрода та коефіцієнта заповнення  $\phi = 0,25...0,75$  за початкової температури води +10 °С



го часу нагріву, відбувається з 6 кВт до 8,7 кВт. Збільшення кількості електродів не вплинуло на стійкість роботи системи. Як для одного електрода, так і для двох спостерігався плавний розігрів та підтримання заданої температури без сторонніх шумів та ударів. Отримані експериментальні дані підвищення потужності в розрізі збільшення коефіцієнта заповнення до  $\phi = 0,75$

показали, що у порівнянні з  $\phi = 0,25$  потужність зросла з 8,5...11 кВт до 9,5...12 кВт, що свідчить про незначне зростання, проте, тривалість зросла в межах 25 хв. і становила 65 хв.

Збільшення тривалості нагріву для двох електродів, у порівнянні з аналогічними умовами для одного електрода, пояснюється частковим зменшенням ефективною робочою площею електродів за рахунок їх перекривання один одного у робочому просторі, хоча загалом збільшення кількості електродів призводить до зменшення тривалості виходу на стаціонарний режим на 10...15 хв.

З метою інтенсифікації процесу виходу апарата на стаціонарний режим та підвищення ефективності роботи парогенеруючої системи було прийнято рішення про збільшення кількості активних електродів до трьох. Таке рішення було прийнято виходячи з міркувань збільшення ефективної площі електродів та уникнення накладання потоків частинок під час нагріву.

З огляду на отримані експериментальні дані (рис. 5) можна зробити висновки, що збільшення кількості електродів призвело до вирівнювання динаміки нагріву рідини для всіх коефіцієнтів заповнення варильної судини, дозволило знизити тривалість виходу на стаціонарний режим за максимального завантаження до 38...40 хв., що у порівнянні з 75 хв. для одного електрода. Отже збільшення кількості електродів дозволяє зменшити тривалість нагріву майже в 2 рази. Якщо порівняти отримані дані для споживаної потужності, то можна побачити, що для  $\phi = 0,75$  споживана потужність зросла на 70...80 %. Збільшення кількості електродів не вплинула на стійкість та ефективність роботи парогенеруючої системи.

Якщо порівняти отримані експериментальні дані для модернізованого котла КПЕ-60 з його аналогічними даними при використанні ТЕНового парогенератора, то можемо побачити наступні результати: тривалість виходу на стаціонарний режим зменшується з 60 хв. до 30 хв. при цьому потужність

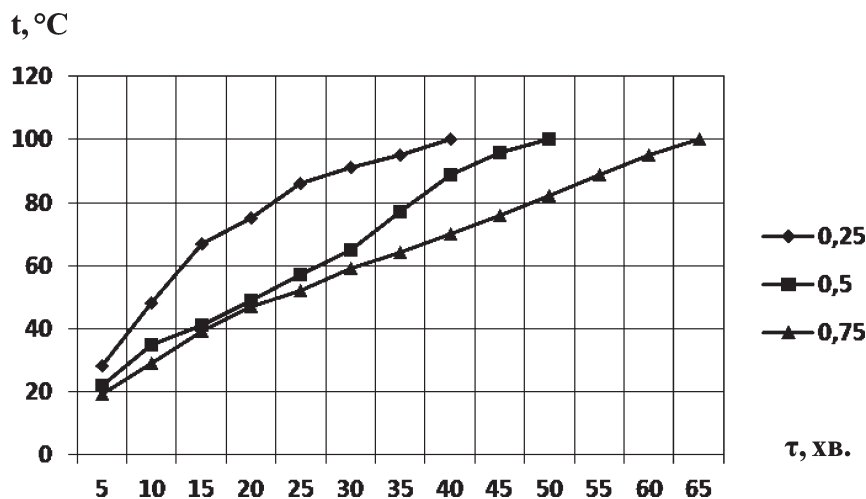


Рисунок 4 — Залежність зміни температури від тривалості нагріву при використанні 2-х електродів та коефіцієнта заповнення  $\phi = 0,25...0,75$  за початкової температури води  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$

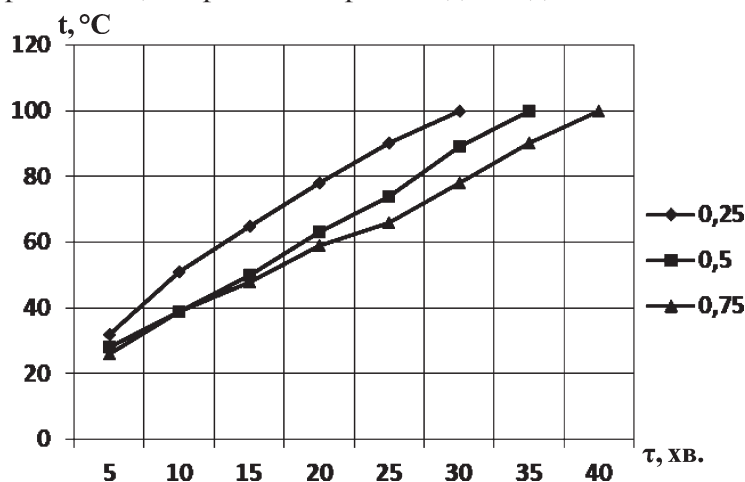


Рисунок 5 — Залежність зміни температури від тривалості нагріву при використанні 3-х електродів та коефіцієнта заповнення  $\phi = 0,25...0,75$  за початкової температури води  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$

апарата зменшується з 15 кВт до 12 кВт, кількість нагріваючих елементів з 6 шт. до 3 шт., зменшити масу котла за рахунок зменшення маси парогенератора.

Окрім наявних технічних показників необхідно відзначити, що строк експлуатації електродів перевищує ТЕНи в декілька разів. Якщо урахувати, що на поверхні електродів не утворюється накипу, на відміну від ТЕНів, то час виходу на стаціонарний режим для електродного котла буде сталим з плином часу і не збільшить кількості споживаної електроенергії. Відсутність утворення накипу на поверхні дозволить подовжити строк експлуатації обладнання та знизити кількість проведених технічних обслуговувань.

**Висновки.** Згідно проведених досліджень процесу пароутворення можна зробити висновок, що електродний спосіб пароутворення дозволить підвищити ефективність роботи теплового обладнання, широко застосувати його для інтенсифікації технологічних процесів, знизити енерговитрати при приготуванні страв та зменшити металоємність при виробництві стравоварильного обладнання. Планується використовувати електродний спосіб у вже існуючих на виробництві апаратах, а також у нових апаратах, що розробляються з метою інтенсифікації процесів виробництва кулінарної продукції.

### Список літератури

1. Дуб В. В., Терешкін О. Г., Горелков Д. В. Інжиніринг у ресторанному господарстві: навч. посіб. Харків: ХДУХТ, 2017. 176 с.
2. Пат. 60669 Україна, МПК F22B 1/30, F22B 27/00, B02C 23/00. Електродний парогенератор / Дейниченко Г. В., Терешкін О. Г., Горелков Д. В., Балик О. В.; заявник та патентовласник ХДУХТ. № 201014434; заявл. 02.12.2010; опубл. 25.06.2011, Бюл. № 12.
3. Терешкін О. Г., Балик О. В. Енергозберігаючі технології в харчовій промисловості. Стратегія якості в промисловості і освіті: міжнарод. конф. Varna, Bulgaria, Proceedings volume I (P.1), International Scientific Journal Acta Universitatis Pontica Euxinus Special number Dnipropetrovsk, Varna, 2010. С. 37–39.
4. Комплексна державна програма енергозбереження України. Постанова Кабінету Міністрів України №148. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN41650>.
5. Ряшко Г., Крусір Г., Новічкова Т. Аналіз енергозберігаючих технологій в ресторанному господарстві. URL: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v80i2.324>.
6. Лебеденко Т. Е., Крусір Г. В., Шунько Г. С. Енергозберігаючі технології в ресторанному господарстві. Вісник ЛТЕУ. Економічні науки. 2020. Вип. 61. С.61–67.
7. Горун М. В., Федірко М. М. Енергоефективність як інструмент підвищення екологічної безпеки закладів рекреаційної інфраструктури. Економічний аналіз. 2018. Том 28. № 3. С. 9–14.
8. Семенов А. Перспективы развития традиционной и альтернативной энергетики. Электрик. 2017. № 6. С. 30–32.
9. Статистичний щорічник світової енергетики 2017. URL: <https://yearbook.enerdata.ru>.
10. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npras/250250456>.

### References

1. Dub, V. V., Tereshkin, O. H., Horielkov, D. V. (2017). Inzhynirynh u restorannomu hospodarstvi [Engineering in the restaurant industry]. Kharkiv, KhDUKKhT. 176 p.
2. Deinychenko, H. V., Tereshkin, O. H., Horielkov, D. V., Balyk, O. V. (2011) Pat. 60669 Ukraina, MPK F22B 1/30, F22B 27/00, B02C 23/00. Elektrodnyi parohenerator [Electrode steam generator]; zaiavnyk ta patentovlasnyk KhDUKKhT. № 201014434; zaiavl. 02.12.2010; opubl. 25.06.2011, Biul. № 12.
3. Tereshkin, O. H., Balyk, O. V. (2010) Enerhozberihaiuchi tekhnolohii v kharchovii promyslovosti [Energy saving technologies in the food industry]. Stratehiya kachestva v promyshlennosti y obrazovanyu [Quality strategy in industry and education]: mezhdunar. konf. [Quality strategy in industry and education: international. conf]. Varna, Bulgaria, Proceedings volume I (P. 1), Inter-

national Scientific Journal Acta Universitatis Pontica Euxinus Special number Dnipropetrovsk, Varna. pp. 37–39.

4. Kompleksna derzhavna prohrama enerhozberezhennia Ukrainy (1997). [Comprehensive state energy saving program of Ukraine]. Available at: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN41650>.

5. Riashko, H., Krusir, H., Novichkova, T. (2017). Analiz enerhozberihaiuchykh tekhnolohii v restorannomu hospodarstvi [Analysis of energy-saving technologies in the restaurant industry]. Available at: <https://doi.org/10.15673/swonaft.v80i2.324>.

6. Lebedenko, T. E., Krusir, H. V., Shunko, H. S. (2020). Enerhozberihaiuchi tekhnolohii v restorannomu hospodarstvi [Energy saving technologies in the restaurant industry]. Visnyk LTEU. Ekonomichni nauky [Visnik LTEI. Economical sciences]. vol. 61. pp. 61–67.

7. Horun, M. V., Fedirko, M. M. (2018) Enerhoefektyvnist yak instrument pidvyschennia ekolohichnoi bezpeky zakladiv rekreatsiinoi infrastruktury [Energy efficiency as a tool to increase the environmental safety of recreational infrastructure]. Ekonomichniy analiz [Economic analysis]. Tom 28. № 3. pp. 9–14.

8. Semenov, A. (2017). Perspektyvy rozvytytia tradytsyonnoi y alternatyvnoy enerhetyky [Prospects for the development of traditional and alternative energy]. Elektryk [Electrician]. № 6. pp. 30–32.

9. Statystychnyi shchorichnyk svitovoi enerhetyky (2017). [Statistical Yearbook of World Energy]. Available at: <https://yearbook.enerdata.ru>.

10. Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 roku «Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist» [Energy strategy of Ukraine for the period up to 2035 «Security, energy efficiency, competitiveness»]. Available at: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/250250456>.

**Objective.** *The purpose and objectives of the article is to improve the process of vaporization in the apparatus of restaurants by developing innovative electrode heaters and steam generating units.*

**Methods.** *In the course of research experimental methods of researches with use of control and measuring devices, modern methods of mathematical statistics, standard methods of research of food raw materials were used.*

**Results.** *It is noted that the restaurant industry along with the hotel required and requires the introduction of innovative solutions in energy supply and application of energy saving systems for heating appliances, in particular: deep fryers, cooking boilers, combi ovens, dishwashers, food warmers, autoclaves. For restaurants, the issue of energy saving is one of the priority issues, because this factor, along with the cost of raw materials forms the cost of products, determines the competitiveness of the institution, the possibility of flexible re-equipment, modernization, improving service, improving working conditions, introducing innovative methods of cooking and culinary products. It is considered that in order to ensure the functioning of the electrode heating system, it is necessary to use a steam generation scheme, which would ensure the minimum output of boilers to the operating mode and the minimum cost of electricity to produce steam. The schematic diagram of a new steam generating unit as a heat generating device of heat appliances of a restaurant economy is offered. The rationality of the use of electrode heating in the apparatus of the restaurant industry is proved. Experimental tests of the design of the electrode steam generator were carried out, which showed that the obtained experimental data for the upgraded boiler KPE-60 in comparison with its similar data when using the TEN steam generator can reduce the time to steady state from 60 minutes. up to 30 minutes while the power of the device decreases from 15 kW to 12 kW, the number of heating elements decreases from 6pcs. up to 3 pcs., allows you to reduce the weight of the boiler by reducing the weight of the steam generator. Given the fact that no scale is formed on the surface of the electrodes, unlike heat exchangers, the time of entering the stationary mode for the electrode boiler will be constant over time and will not increase the amount of electricity consumed. Also, another practical result is to achieve the effect of the absence of scale on the surface, which will extend the life of the equipment and reduce electricity consumption.*

**Key words:** *electrode, steam generating device, electrode steam generator, electrolytic heating, digester kettle, energy saving.*

## ЗМІСТ

### СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

<i>Серенко А. А., Моїсєєва Л. О., Юдіна Т. І.</i> ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ У ВИРОБНИЦТВІ НИЗЬКОЛАКТОЗНИХ ЙОГУРТІВ.....	5
<i>Васильєва О. О.</i> ТЕХНОЛОГІЯ СОЛОДКИХ СОУСІВ З АЙВИ ТА КИЗИЛУ.....	13
<i>Вітряк О. П., Ткаченко Л. В., Прибильський В. Л., Дулька О. С.</i> ФЕРМЕНТОВАНІ НАПОЇ В ОЗДОРОВЧОМУ ХАРЧУВАННІ.....	20
<i>Сімакова О. О.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АМАРАНТУ БАГРЯНОГО В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБІВ ІЗ ДРІЖДЖОВОГО ТІСТА .....	26
<i>Горайнова Ю. А., Мороз В. О., Гусак Є. Р.</i> ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ РАЦІОНІВ, ЗБАГАЧЕНИХ РЕЧОВИНАМИ ПОЛІФЕНОЛЬНОЇ ПРИРОДИ, НА МІЦНІСТЬ СТІНОК КАПЛЯРІВ .....	33
<i>Слащева А. В., Боднарук О. А.</i> ТЕХНОЛОГІЯ НАПІВФАБРИКАТУ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВИРОБІВ З ПОСІЧЕНОЇ РИБНОЇ МАСИ .....	39

### ХІМІЧНІ, ФІЗИЧНІ, МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

<i>Гніцевич В. А., Дейниченко Л. Г., Сімакова О. О.</i> ЯКІСТЬ МОЛОЧНО-БІЛКОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ У ПРОЦЕСІ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ЗБЕРІГАННЯ.....	47
<i>Федорова Д. В., Беркун П. С.</i> ВПЛИВ СУХИХ РИБОРОСЛИННИХ НАПІВФАБРИКАТІВ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ВИРОБІВ З ПІСОЧНОГО ТІСТА .....	55
<i>Стадник І. Ю., Матенчук Л. Ю., Новак Л. Л., Федорів В. М.</i> СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАРЦИПАНОВИХ ПАСТ.....	67
<i>Слащева А. В., Пусікова О. А.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ ОВОЧЕВО-ЯГІДНИХ СМУЗИ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ НИЗЬКОЕТЕРИФІКОВАНОГО ПЕКТИНУ.....	75

### УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

<i>Піддубний В. А., Паньків Ю. В., Стадник І. Я., Петриченко Є. А.</i> ІНТЕГРОВАНІ РІШЕННЯ І АПАРАТУРНЕ ОФОРМЛЕННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ЗМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ У ПСЕВДОШАРІ .....	82
<i>Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Копайгора О. К., Зайкіна Д. П., Литвиненко А. К.</i> ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА АЛГОРИТМИ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО КЕРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВОМ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ .....	91

---

---

<i>Цвіркун Л. О., Омельченко О. В., Цвіркун С. Л.</i> ЗАСТОСУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ МЕТОДІВ ТА СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ У СОРТУВАННІ ПЛОДОВО-ОВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ .....	107
<i>Янаков В. П.</i> ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ В ЗАПРОПОНОВАНІЙ ТЕОРІЇ ПРИГОТУВАННЯ ТІСТА.....	114
<i>Червоний В. М., Кононикін В. Д., Перекрест В. В.</i> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ТУШОК СТАВКОВОЇ РИБИ .....	122

**РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРЕСИВНОГО ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО  
ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

<i>Хорольський В. П., Коренець Ю. М., Копайгора О. К., Заїкіна Д. П., Петрушина Ю. М.</i> МЕТОДИ ТА ФУНКЦІЇ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ В АСУ-АСУТП ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ .....	128
<i>Горєлков Д. В., Омельченко О. В., Гейєр Г. В., Терешкін О. Г., Шевченко А. М.</i> ІННОВАЦІЙНЕ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ УСТАТКУВАННЯ ЗАКЛАДІВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА.....	139

# CONTENTS

## MODERN FOOD TECHNOLOGIES

<i>Serenko A. A., Moiseeva L. O., Yudina T. I.</i> USE OF SECONDARY MILK RAW MATERIALS IN THE PRODUCTION OF LOW LACTASE YOGHURTS .....	5
<i>Vasylieva O. O.</i> TECHNOLOGY OF SWEET SAUCE QUINCE FRUIT AND DOGWOOD .....	13
<i>Vitriak O. P., Tkachenko L. V., Prybylskiy V. L., Dulka O. S.</i> FERMENTED BEVERAGES IN HEALTHY NUTRITION .....	20
<i>Simakova O. O.</i> PROSPECTS FOR THE USE OF AMARANTH PURPLE IN THE TECHNOLOGY OF PRODUCTS FROM YEAST DOUGH .....	26
<i>Goriainova I. A., Moroz V. O., Husak Y. R.</i> STUDY OF THE INFLUENCE OF DIETS ENRICHED WITH POLYPHENOLIC SUBSTANCES ON THE STRENGTH OF CAPILLARY WALLS .....	33
<i>Slashcheva A. V., Bodnaruk O. A.</i> SEMI-FINISHED TECHNOLOGY FOR FUNCTIONAL CUT FISH PRODUCTS .....	39

## CHEMICAL, PHYSICAL, MATHEMATICAL METHOD OF QUALITY RESEARCH OF FOOD PRODUCTS

<i>Gnitsevych V., Deinychenko L., Simakova O. O.</i> QUALITY OF DAIRY-PROTEIN CONCENTRATES IN THE LOW TEMPERATURE STORAGE PROCESS .....	47
<i>Fedorova D. V., Berkun P. S.</i> INFLUENCE OF DRY FISH AND PLANT SEMI-FINISHED PRODUCTS ON STRUCTURAL-MECHANICAL PROPERTIES AND QUALITY INDICATORS OF SUGAR DOUGH PRODUCTS.....	55
<i>Stadnyk I. Y., Metenchyk L. U., Novak L. L., Fedoriv V. M.</i> STRUCTURAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF MARZIPAN PASTES .....	67
<i>Slashcheva A. V., Pusikova O. A.</i> STUDY OF QUALITY AND SAFETY INDICES OF VEGETABLE AND BERRY SMOOTS WITH HIGH CONTENT OF LOW ETHERIFIED PECTIN.....	75

## IMPROVEMENT OF PROCESSES AND APPARATUS OF FOOD PRODUCTION

<i>Piddubnyi V. A., Pankiv Yu. V., Stadnyk I. Ya., Petrychenko Ye. A.</i> INTEGRATED SOLUTIONS AND INSTRUMENT DESIGN OF TRANSITIONAL PROCESSES OF COMPONENT MIXING IN PSEUDOSPACE .....	82
<i>Khorolskyi V. P., Korenets Yu. M., Kopayhora O. K., Zaikina D. P., Litvinenko A. K.</i> IDENTIFICATION AND ALGORITHMS OF ADAPTIVE SYSTEMS DIGITAL CONTROL IN PASTA PRODUCTION .....	91

<i>Tsvirkun L. A., Omelchenko O. V., Tsvirkun S. L.</i> APPLICATION OF ENGINEERING METHODS AND SYSTEMS OF AUTOMATED DESIGN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN SORTING OF FRUIT AND VEGETABLE RAW MATERIALS .....	107
<i>Yanakov V. P.</i> SYSTEMS ANALYSIS APPLICATION IN DOUGH PREPARATION BASED ON A PROPOSED THEORY .....	114
<i>Chervonyi V. M., Kononykin V. D., Perekrest V. V.</i> EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE ELECTROPHYSICAL PROCESS OF CLEANING POND FISH CARCASSES .....	122

**DEVELOPMENT OF PROGRESSIVE HIGH-EFFICIENT  
FOOD INDUSTRY EQUIPMENT**

<i>Khorolskyi V. P., Korenets Yu. M., Kopayhora O. K., Zaikina D. P., Petrushyna Yu. M.</i> METHODS AND FUNCTIONS OF TECHNOLOGICAL PROCESS CONTROL IN ACS-APCS OF FOOD PRODUCTIONS.....	128
<i>Horielkov D. V., Omelchenko O. V., Heiier H. V., Tereshkin O. G., Shevchenko A. M.</i> INNOVATIVE ENERGY SAVING HEAT GENERATING DEVICES FOR EQUIPMENT OF RESTAURANT FACILITIES .....	139

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ТУГАН-БАРАНОВСЬКОГО

*Наукове видання*

**ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

**№ 1 (42) 2021**

*Тематичний збірник наукових праць*

*Українською та англійською мовами*

Підписано до друку 28.06.2021 р.  
Формат 60x84/8. Папір офсетний.  
Гарнітура «Newton С». Друк — лазерний.  
Ум. друк. арк. 17,67. Обл.-вид. арк. 15,38.  
Наклад 60 прим. Зам. № 57.

---

ФОП Маринченко С. В.  
вул. Героїв АТО, 81-а, оф. 109,  
м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50086  
Свідоцтво про державну реєстрацію № 030567 від 19.01.2007 р.  
тел. (067) 539-66-81